

THESIS

MUNICH

1967

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ATEMÖKONOMIE

Das Atemäquivalent in Beziehung zu
Alter, Größe, Gewicht, Vitalkapazität,
körperlicher Aktivität und Leistungsfähigkeit

Elke Heising

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF. 94304

AUS DEM INSTITUT FÜR PROPHYLAXE DER
KREISLAUFKRANKHEITEN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. G. SCHIMERT

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ATEMÖKONOMIE

Das Atemäquivalent in Beziehung zu
Alter, Größe, Gewicht, Vitalkapazität,
körperlicher Aktivität und Leistungs-
fähigkeit.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
E l k e H e i s i n g
aus Berlin

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent:	Priv. Doz. Dr. H. SCHWALB
Correferent:	Professor Dr. G. SCHIMERT
Dekan:	Professor Dr. F. HOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 12.12.1967

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite:
I. Einleitung	7
II. Physiologische Vorbemerkungen	10
III. Methodik	12
1. Versuchspersonen	12
2. Spirograph	14
3. Ergometer	15
IV. Ergebnisse	16
<u>1. Abhängigkeit der Meßgrößen vom Alter</u>	16
Tab. I: Meßergebnisse des AMV, des AÄ und des O ₂ -Pulses bei Nichtsportlern	17
Tab. II: Meßergebnisse des AMV, des AÄ und des O ₂ -Pulses bei Sportlern	18
Tab. III: Körpermaße bei Nichtsport- lern und Sportlern	19
Tab. X: Die Vitalkapazität bei Nichtsportlern u. Sportlern	20
Abb. 1: Das AMV in Ruhe und unter Belastung bei 20-60jähri- gen Nichtsportlern	21
Abb.2-3 : Das Atemäquivalent bei 20- 60jährigen Nichtsportlern	22
Abb. 4: Der O ₂ -Puls in Ruhe und un- ter Belastung bei normalge- wichtigen Nichtsportlern im Alter von 20-60 Jahren	24

	Seite:
Abb. 5 : Die Vitalkapazität in Abhängigkeit zum Alter	25
Abb. 6-8 : Das AMV, AÄ und der O ₂ -Puls in Ruhe und unter Belastung bei normalgewichtigen Nichtsportlern im Alter von 20-60 Jahren	26
2. Der Einfluß der Körpermaße auf die Atemökonomie	29
Tab. IV-VI: Meßergebnisse bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern	31
Abb. 9-12 : Das AÄ und das AMV bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern (20-60 Jahre)	34
Abb. 13-16 : Der O ₂ -Puls bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern (20-60 Jahre)	38
Abb. 17 : Die Vitalkapazität in Abhängigkeit zum Alter	42
Abb. a-g : Beziehungen des AÄ zu den Körpermaßen und zur Vitalkapazität	43
Tab. VII-IX : Meßergebnisse bei normal- u. übergewichtigen Sportlern	50
Abb. 18-21 : Das AÄ und das AMV bei normal- und übergewichtigen Sportlern	53

	Seite:
Abb.22-25 : Der O_2 -Puls bei normal- und übergewichtigen Sport- lern	57
3. Die Beziehung der Atemgrößen zur körper- <u>lichen Aktivität und Leistungsfähigkeit</u>	61
Abb.26-29 : Das AMV und das AÄ bei nor- malgewichtigen Sportlern	63
Abb.30-33 : Der O_2 -Puls bei normal- gewichtigen Nichtsport- lern und Sportlern	67
V. Diskussion	71
VI. Zusammenfassung	78
VII. Literaturverzeichnis	80



Digitized by the Internet Archive
in 2026

EINLEITUNG

Das Atemäquivalent ist von wesentlicher Bedeutung für die Beurteilung der Atmung selbst. Man benennt so die Beziehung zwischen Atemminutenvolumen und Sauerstoffverbrauch des Organismus. Der Wert gibt an, wieviel Liter Luft geatmet werden muß, um eine bestimmte Menge Sauerstoff aufzunehmen.

In der vorliegenden Arbeit wurde, anhand eines größeren Untersuchungsgutes der Einfluß verschiedener Faktoren gleichzeitig untersucht, da hierüber eine zusammenfassende Arbeit bislang nicht vorliegt.

Unter anderem sollte über die bisher bekannten Beziehungen des Atemäquivalent zum Lebensalter, zur körperlichen Leistungsfähigkeit und zum Trainingszustand die Bedeutung des Körperbaues geprüft werden. Anlaß dazu ist die Tatsache, daß die absolute Leistungsfähigkeit sehr von der Konstitution abhängt, und daß auch eine gewisse Beziehung zwischen der Größe der Vitalkapazität und der körperlichen Leistungsfähigkeit besteht.

Es ergibt sich somit die Frage, ob die absoluten Werte des Atemäquivalent als Kriterium der Atemökonomie und auch der körperlichen Leistungsfähigkeit Gültigkeit haben, oder ob man die Körpermaße bei der Beurteilung berücksichtigen muß.

Es wurden deshalb in gleichen Versuchsgruppen die Beziehungen des Atemäquivalent zum Alter, den Körpermaßen, der Vitalkapazität, der körperlichen Leistungsfähigkeit untersucht, um festzustellen, wodurch die Größe des Atemäquivalent am stärksten beeinflußt wird.

Im Text vorkommende Abkürzungen

- 1.) AF = Atemfrequenz
- 2.) AV = Atemvolumen
- 3.) AMV = Atemminutenvolumen in l/min
- 4.) O₂-Aufn. = Sauerstoffaufnahme in cm³/min
- 5.) AÄ = Atemäquivalent =
$$\frac{\text{AMV in l/min (BTPS)} \times 100}{\text{O}_2\text{-Aufnahme in cm}^3/\text{min (STPD)}}$$
- 6.) O₂-Puls = Sauerstoffpuls =
$$\frac{\text{O}_2\text{-Aufnahme in cm}^3/\text{min}}{\text{Pulsfrequenz/min}}$$
- 7.) Vk = Vitalkapazität,
VK% = prozentuale Abweichung der
Vk vom Sollwert
- 8.) Kg = Körpergewicht
Kg% = relatives Körpergewicht =
prozentuale Abweichung des
gemessenen Gewichts vom
Sollgewicht.

Als Sollgewicht bezeichnen wir
das durchschnittliche Idealgewicht
des mittelschweren Knochenbaues
(Documenta Geigy, 1955); zu- bzw.
abzüglich 10 % davon gilt als
Normalgewicht.

PHYSIOLOGISCHE VORBEMERKUNGEN

Die Atmung hat die Aufgabe, den von den Geweben benötigten Sauerstoff aufzunehmen und die gebildete Kohlensäure abzugeben.

Bei der äußeren Atmung = Lungenatmung unterscheiden wir

Ventilation

Diffusion

Perfusion

Die Ventilation sorgt für eine genügende Auffrischung der Luft in den Alveolen.

Die mechanischen Bedingungen für den Atemvorgang werden durch die elastischen Kräfte der Lunge und des Thorax und durch die Atemmuskulatur erfüllt.

Die Einatmung wird vorwiegend vom Zwerchfell besorgt, unterstützt von den Inspirationsmuskeln. Unter Wirkung der kontrahierten Inspirationsmuskulatur nimmt das Volumen der Brusthöhle zu und bewirkt einen Abfall des intrapulmonalen Druckes unter den atmosphärischen, so daß äußere Luft in die Lungen einströmt, wodurch der O_2 -Druck erhöht und der CO_2 -Druck erniedrigt wird. Bei der anschließenden Expiration kommt es zu einer Verkleinerung des Thoraxraumes, wobei ein Teil der in der Lunge befindlichen Luft nach außen befördert wird.

Der Übertritt von Sauerstoff aus der Alveolarluft ins Blut und von Kohlendioxyd aus dem Kapillarblut in die Alveolen geschieht durch Diffusion. Hierdurch wird ein Ausgleich der Gaspartialdrucke auf beiden Seiten der "alveolokapillären" Membran bewirkt.

Unterschiedliche Druckgradienten zwischen einer Blut- und Gasphase verschiedener Zusammensetzung steuern den Gasaustausch.

Die Perfusion ist für den kontinuierlichen Wechsel des Blutes in den Lungenkapillaren verantwortlich, somit auch für den gleichmäßigen Transport von Sauerstoff zur Peripherie, bzw. für Abtransport des Kohlendioxyd zu den Lungen.

Die Steuerung der Atmung erfolgt reflektorisch im Atemzentrum, das mit seinem Hauptteil in der Medulla oblongata lokalisiert ist.

Bei Körperarbeit wird die Anpassung von Atemfrequenz, Atemvolumen, Atemminutenvolumen und Sauerstoffaufnahme an die jeweiligen Leistungsbedürfnisse vor allem durch chemische Reize hervorgerufen - durch den CO_2 -Druck, pH-Wert und die O_2 -Sättigung des Blutes. Außerdem bewirken sensible Rezeptoren des Lungenvagus und Dehnungsrezeptoren in den Lungen eine reflektorische Steuerung.

Das Atemzentrum hat auch die Aufgabe, das Atemzeitvolumen auf möglichst rationelle Art zu fördern. Dadurch wird gleichzeitig ein ökonomisches Verhältnis zwischen Ventilation und Sauerstoffaufnahme erreicht.

METHODIK

1.) VERSUCHSPERSONEN UND METHODIK

Mit Hilfe der Spiroergometrie wurde die Leistungsfähigkeit des Kreislaufs und vor allem der Atmung an insgesamt 438 gesunden Männern im Alter von 20-60 Jahren untersucht, die nach ihrem körperlichen Trainingszustand eingeteilt waren in Sportler und Nichtsportler.

Am Versuchstage erfolgte die Überprüfung des Gesundheitszustandes der Personen. Außerdem wurde eine Thoraxaufnahme gemacht, ein EKG im Liegen geschrieben, Puls und Blutdruck gemessen, weiter Körpergröße und -gewicht bestimmt.

Nach Einstellung der Apparaturen wurden die Versuchspersonen mittels einer Sauerstoffmaske an das Spiroergometer angeschlossen. Der eigentliche Versuch begann nach einer individuell unterschiedlichen Eingewöhnungszeit.

Bei geschlossenem System wurden bestimmt:

in Ruhe: die Vitalkapazität

in Ruhe und bei

Belastung: das Atemvolumen
die Atemfrequenz
die Sauerstoffaufnahme
(aus dem Spirogramm ablesbar)

daraus wurde errechnet:

das Atemminutenvolumen = $AV \times AF$

das Atemäquivalent = $\frac{AMV \times 100}{O_2\text{-Aufnahme}}$

$$\text{der Sauerstoffpuls} = \frac{\text{O}_2\text{-Aufnahme}}{\text{Pulsfrequenz}}$$

Der Arbeitsversuch (Wattstufenversuch nach Knipping) umfaßte Belastungen von

80 Watt (mit 35 Pedalumdrehungen/min)
120 Watt (" 40 " " ")
160 Watt (" 45 " " ")

und höheren Leistungen, die wir in unseren Tabellen nicht aufführten.

Die Belastungsdauer betrug 6 Minuten. In der 4. - 6. Minute vor Ende jeder Leistungsstufe erfolgte wieder Puls- und Blutdruckkontrolle. Sofort nach Ende der jeweiligen Belastung wurde ein EKG geschrieben und die Zeitunterbrechungen zur nächst höheren Leistungsstufe möglichst kurz gehalten (2 - 3 Minuten).

Die aus dem Spirogramm ablesbaren Werte wurden umgerechnet auf Normalbedingungen (760 mm Hg und 0° C und Wasserdampfsättigung bei 37° C bei verschiedenen Barometerdrucken nach Tabelle 48 von Mellerowicz; Volumenreduktion eines idealen Gases auf 0° C, 760 mm Hg und Trockenheit nach Tabelle 50 von Mellerowicz).

Die einzelnen Werte wurden später übersichtlich in Listen zusammengefaßt, wobei gleichzeitig neben der Unterscheidung in Nichtsportler und Sportler die Unterteilung in 4 Altersgruppen erfolgte:

1. Gruppe: 20-29 Jahre
2. Gruppe: 30-39 Jahre
3. Gruppe: 40-49 Jahre
4. Gruppe: 50-59 Jahre

2.) DER SPIROGRAPH (nach KNIPPING)

Der Spirograph Typ 210 Aufbaustufe D nach Knipping ist durch die Zusätze: Stabilisator, Balancegefäß, Balancekoppeler, Balanceschalter, Stabilisatorschalter und das Fünfgang-Kymographion ein Gerät, das die Erfassung aller Meßgrößen der Ruhe- und Arbeitsspirographie ermöglicht.

Es ist nicht nur die bei Atmung unter Normalluft allgemein übliche Horizontalschreibung möglich, sondern auch die genauere Steilschreibung, die den meßtechnischen Vorteil hat, daß die Expirations-Grundlinie ein direktes Maß des Sauerstoffverbrauches ist.

Die Erhöhung des Sauerstoffgehaltes der Systemluft erfolgt ohne Unterbrechung der Aufzeichnung der Atemkurve.

Der Temperiermantel des Balancegefäßes wird wie alle anderen Kreislauftteile von der Systemluft durchströmt. Im Augenblick des Gaswechsels wird die Kreislaufluft in den inneren Gefäßraum geleitet, wo sie den sauerstoffgefüllten Gummibeutel ausdrückt, dessen Inhalt seinerseits in gleicher Menge ins System dringt, wie Systemluft im Balancegefäß festgehalten wird. Da das System geschlossen bleibt, registriert das Spirometer ohne Unterbrechung weiter.

Die Aufzeichnung der Atmungskurve mit Hilfe eines Fünfgang-Kymographion, das die Papiervorschubgeschwindigkeiten von 15, 25, 50, 300 und 3000 mm pro Min. besitzt, ist ein wesentlicher Vorteil; dadurch besteht die Möglichkeit, Atmungskurven vom Grundumsatz angefangen bis zur hochfrequenten Arbeitsatmung aufzuzeichnen.

3.) DAS ERGOMETER

Das Wirbelstromergometer, Typ 499, (Dargatz) wurde bei unseren Versuchen unter Verwendung der Spezial-Liege für Tretkurbelarbeit im Liegen benutzt.

Alle Arbeitsformen haben Vollkreisbewegung. Die optimale Höhe für die Tretkurbel-Arbeit im Liegen ist dadurch möglich, daß der Schwenkarm sich auf der am besten geeigneten Höhe festklemmen läßt. Die für die Tretkurbelarbeit im Liegen benötigte Spezial-Liege ist mechanisch stabil und unverrückbar am Grundbrett des Ergometers starr befestigt. Mit dem Ergometer sind Belastungen von 20 bis 400 Watt durchführbar.

Der Lastmeßregler verfügt über eine elektrische Schaltuhr, die die gewünschte Anfangsdrehzahl am Ergometer herstellt. Das Ergometer selbst ist mit einem Kontrollinstrument für die Umdrehungszahlen ausgerüstet.

Das Gerät enthält einen elektrischen Ausgang zur Registrierung der tatsächlich vollbrachten Arbeit. Dieser elektrische Ausgang besitzt einen Tuchelkontakt und kann an einen beliebigen EKG-Schreiber angeschlossen werden. Dieser Ausgang liefert am EKG-Schreiber eine Kurve, aus welcher der eingestellte Laststrom und die Umdrehungszahl sichtbar wird.

ERGEBNISSE

1.) Abhängigkeit der Meßwerte vom Alter

Die Tabellen I und II (der Nichtsportler und Sportler) und Abb. 1 zeigen, daß das Atemminutenvolumen mit zunehmendem Alter über alle Leistungsstufen ansteigt.

Die gleiche Feststellung gilt für das AÄ, die Atemökonomie nimmt also mit dem Alter ab. (Abb. 2,3)

Der Wert des O_2 -Pulses verhält sich annähernd gleich innerhalb der Altersstufen bei gleichen Leistungen (Abb. 4).

In Tabelle III erkennt man ein Abnehmen der Körpergröße mit den Lebensjahren, ebenso zeigt sich in Tabelle X allgemein eine Abnahme der Vitalkapazität.

Bemerkt sei noch, daß bei den Nichtsportlern das AMV nur bis zum 50. Lebensjahr ansteigt und dann etwa gleich bleibt; und weiter, daß die Altersgruppe der 40-50jährigen Sportler allgemein besser mit ihren Werten liegt. (Abb. 3)

Die oben angeführten Ergebnisse finden wir auch im großen und ganzen bei der Unterteilung dieser Gruppen nach Normal- und Übergewicht wieder.

Tabelle I

Meßergebnisse bei Nichtsportlern (Mittelwerte und Standard-Abweichungen)

	Altersgruppe	Anzahl	AMV		ÄÄ		O ₂ -Puls	
			M	s	M	s	M	s
Ruhe	20-29 Jahre	10	8,25	1,99	2,757	0,847	4,69	1,15
	30-39 "	24	8,32	2,60	3,057	1,229	4,10	1,22
	40-49 "	74	8,73	3,11	3,394	1,320	3,82	1,02
	50-59 "	47	9,20	6,49	3,157	1,118	3,80	0,72
80 Watt	20-29 Jahre	10	28,84	4,86	2,416	0,469	10,80	1,14
	30-39 "	24	27,33	5,30	2,268	0,383	11,00	1,24
	40-49 "	74	29,39	5,44	2,459	0,434	10,91	1,04
	50-59 "	47	30,59	5,43	2,595	0,370	10,63	1,06
120 Watt	20-29 Jahre	9	39,04	6,31	2,463	0,344	12,33	0,87
	30-39 "	23	43,59	8,26	2,661	0,517	12,83	1,51
	40-49 "	69	47,72	9,67	2,891	0,582	12,72	1,32
	50-59 "	40	46,51	9,44	2,992	0,582	12,32	1,28
160 Watt	20-29 Jahre	7	54,24	9,73	2,776	0,630	13,51	1,23
	30-39 "	11	65,65	14,35	3,213	0,665	14,16	2,07
	40-49 "	21	68,50	15,66	3,276	0,683	14,35	1,31
	50-59 "	10	66,43	10,24	3,282	0,455	14,13	1,20

Tabelle II

Messergebnisse bei Shorlinern (Mittelwerte und Standardabweichungen)

	Alter	Anzahl	Mittelwert				Standardabweichung			
			M	s	M	s	M	s	M	s
Ruhe	20-29 Jahre	29	7,70	4,03	2,631	1,247	4,61	0,94		
	30-39 "	27	9,05	2,91	3,161	0,978	4,22	1,09		
	40-49 "	63	8,90	2,57	3,006	0,923	4,66	1,19		
	50-59 "	27	10,10	6,04	3,619	1,400	4,05	1,30		
80 Watt	20-29 Jahre	29	26,56	5,82	2,207	0,514	10,91	1,53		
	30-39 "	27	28,07	5,55	2,363	0,481	11,01	1,13		
	40-49 "	63	26,00	6,78	2,166	0,477	11,51	1,39		
	50-59 "	27	28,40	4,63	2,400	0,368	11,36	1,66		
120 Watt	20-29 Jahre	29	37,92	8,19	2,347	0,507	12,66	1,53		
	30-39 "	27	41,48	10,49	2,618	0,711	12,89	1,80		
	40-49 "	63	39,32	8,23	2,464	0,480	13,42	1,29		
	50-59 "	27	43,83	8,27	2,698	0,482	13,18	1,70		
160 Watt	20-29 Jahre	22	52,31	11,49	2,603	0,592	14,43	1,88		
	30-39 "	20	58,70	11,55	2,929	0,617	14,56	1,55		
	40-49 "	52	57,89	11,80	2,804	0,546	14,88	1,71		
	50-59 "	14	62,19	14,67	3,106	0,607	14,37	1,86		

Tabelle III

Körpermaße bei Nichtsportlern und Sportlern
(Mittelwerte und Standard-Abweichungen)

Altersgruppe	Anzahl	Körpergröße		Körpergewicht		rel. Körpergewicht		Körperoberfläche	
		M	s	M	s	M	s	M	s
<u>1. Nichtsportler</u>									
20-29 Jahre	10	179,6	4,0	77,35	9,53	7,60	10,12	1,961	0,127
30-39 "	24	175,2	7,3	79,44	9,82	11,30	9,65	1,945	0,152
40-49 "	74	174,3	7,2	80,51	10,53	13,80	11,57	1,948	0,154
50-59 "	47	172,5	6,1	78,64	9,98	13,90	12,48	1,921	0,140
<u>2. Sportler</u>									
20-29 Jahre	29	180,0	7,6	75,96	9,43	5,10	9,76	1,947	0,149
30-39 "	27	175,7	6,5	76,56	8,70	8,20	12,63	1,917	0,135
40-49 "	63	175,8	6,1	75,75	12,50	7,10	9,97	1,931	0,135
50-59 "	27	172,2	6,6	76,72	9,09	11,60	12,53	1,897	0,126

Vitalkapazität

Anzahl	VK			VK%			VK			VK%		
	M	S	u	M	S	u	M	S	u	M	S	u
<u>Leistungssportler</u>												
<u>Normalgewichtige Nichtsportler</u>												
1.	4,78	0,51	12,4	12,1	4,74	0,49	15,0	11,5	4,78	0,85	12,8	18,9
2.	4,33	0,77	4,6	14,1	4,28	0,93	7,0	17,5	4,59	0,72	13,2	14,3
3.	4,21	0,71	6,1	16,3	4,45	0,70	15,5	17,2	4,60	0,62	21,0	14,3
4.	3,76	0,56	6,0	13,7	3,71	0,49	5,3	11,9	3,96	0,69	13,0	15,1
<u>Sportler</u>												
<u>Übergewichtige Nichtsportler</u>												
1.	4,03	0,81	13,3	18,0	4,76	0,64	7,9	16,4	4,89	0,75	10,5	15,7
2.	4,58	0,66	12,9	14,6	4,39	0,58	1,0	11,2	4,64	0,60	9,5	15,9
3.	4,53	0,60	16,5	14,5	4,13	0,71	1,8	14,3	4,45	0,58	8,4	12,3
4.	4,02	0,65	9,2	14,1	3,80	0,61	3,0	13,9	4,09	0,65	7,3	13,9

Anzahl: Siehe Tabelle III

Anzahl: Siehe Tabelle VI

Anzahl: Siehe Tabelle IX

Altersgruppe: 1. = 20-29 Jahre; 2. = 30-39 Jahre; 3. = 40-49 Jahre und 4. = 50-59 Jahre

Abb. 1

Das Atemminutenvolumen in Ruhe und unter Belastung
bei 20 - 60 jährigen Nichtsportlern und Sportlern

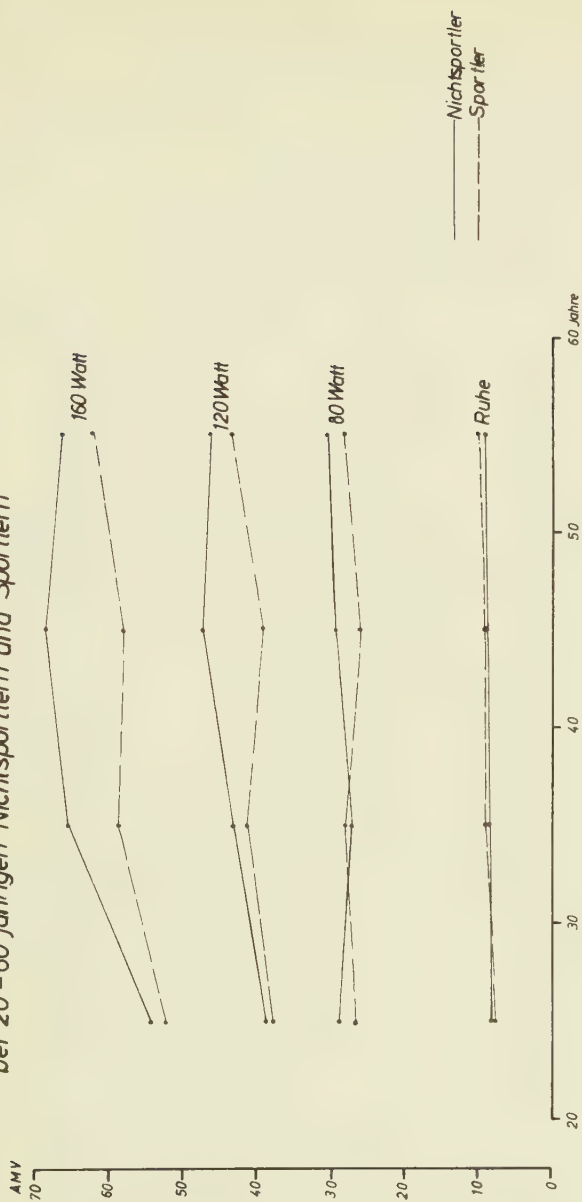


Abb. 2

Das Atemäquivalent in Ruhe und unter Belastung
bei 20 - 60 jährigen Nichtsportlern



Abb.3

Das Atemäquivalent in Ruhe und unter Belastung
bei 20 - 60 jährigen Sportlern

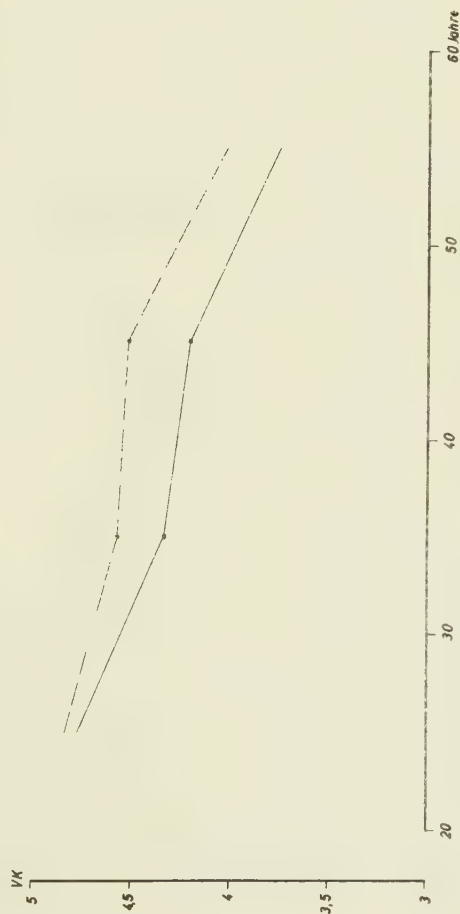


Abb. 4



Abb. 5

Die Vitalkapazität in Abhängigkeit zum Alter bei 20-60 jährigen Nichtsportlern und Sportlern



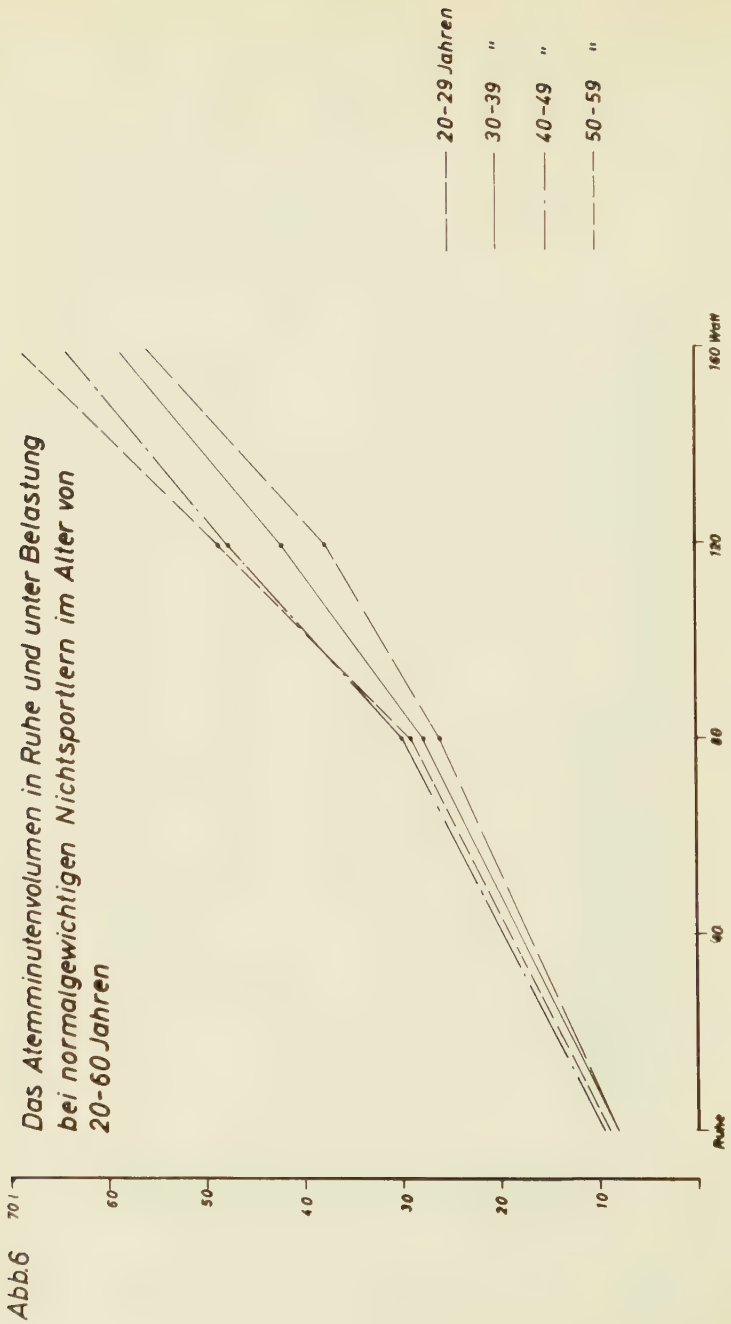


Abb 7

Das Atemäquivalent in Ruhe und unter Belastung bei normalgewichtigen
Nichtsportlern im Alter von 20-60 Jahren

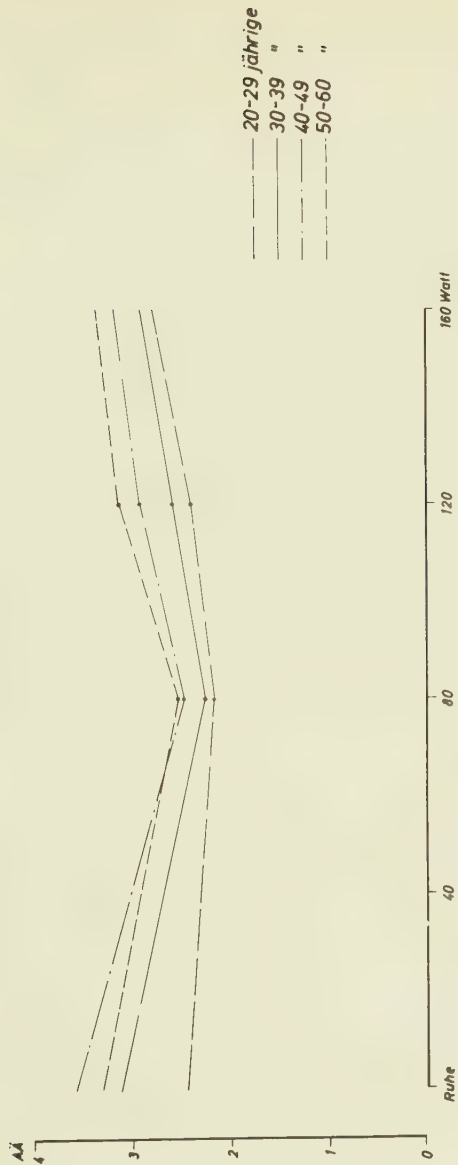
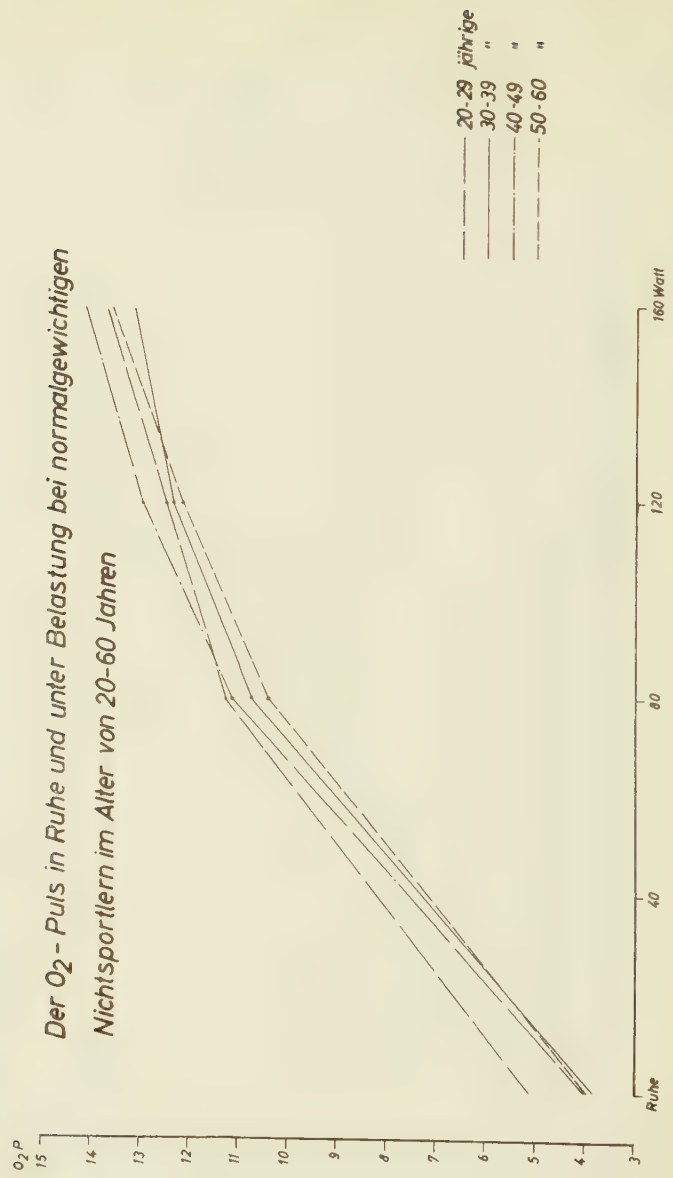


Abb. 8

Der O_2 - Puls in Ruhe und unter Belastung bei normalgewichtigen Nichtsportlern im Alter von 20-60 Jahren



2.) Der Einfluß der Körpermaße auf die Atemökonomie

Unsere Ergebnisse zeigen, daß bei der Unterteilung der Versuchspersonen die Normalgewichtigen und Übergewichtigen eine unterschiedliche Atemökonomie aufweisen.

Tabelle IV und V und die Abb. 9-12 lassen erkennen, daß die normalgewichtigen Nichtsportler bei stärkeren Belastungen eine ruhigere Ventilation und ebenso ein besseres Verhältnis der Ventilation zur O_2 -Aufnahme besitzen. Das macht sich am deutlichsten in der Gruppe der 30-40jährigen bemerkbar (Abb. 10), während für die 50-60jährigen die oben getroffene Feststellung nicht zutrifft. Hier zeigen die Übergewichte eine etwas bessere Atemökonomie an.

Die Größe des O_2 -Pulses läßt in allen Altersgruppen, mit Ausnahme der 30-40jährigen Normalgewichte, nur geringe Unterschiede erkennen. Diese Gruppe weist im Gegensatz zu einer besseren Atemökonomie hier einen niedrigeren O_2 -Puls auf (Abb. 13-16).

Bei den Sportlern in Tabelle VII und VIII liegt die bessere Ventilation und Atemökonomie bei den Übergewichtigen (Abb. 18-21). Die O_2 -Aufnahme pro Pulsschlag weist bei Sportlern wie bei den Nichtsportlern keine nennenswerte Differenzen zwischen Normal- und Übergewicht aus (Abb. 22-25).

Trotz extremer Gewichtsunterschiede sieht man in Tabelle X, daß die Vitalkapazität hier kaum einen Unterschied zeigt. Die Einschränkung der prozen-

tualen Abweichung der V_k vom Sollwert aber läßt auf eine Verminderung der Vitalkapazität bei Übergewichtigen schließen.

Um festzustellen, wie stark der Einfluß auf das Atemäquivalent ist, wurde bei untrainierten Personen der gleichen Gewichtsgruppe im Alter von 40-50 Jahren das Atemäquivalent in Relation gesetzt

zur Körpergröße
zum Körpergewicht
zum relativen Körpergewicht und
zur Körperoberfläche.

In den entsprechenden Streudiagrammen ist jedoch eine Abhängigkeit kaum erkennbar. Indessen könnte man aus dem ÄÄ/Kg in Abhängigkeit von der Körpergröße eine leicht abfallende Tendenz ablesen.

Tabelle IV

Meßergebnisse bei normalgewichtigen Nichtsportlern (Mittelwerte u. Standard-

Abweichungen)

	Altersgruppe	Anzahl	AMV		ÄÄ		O ₂ -Puls	
			M	s	M	s	M	s
Ruhe	20-29 Jahre	13	8,05	2,38	2,448	0,875	5,10	1,26
	30-39 "	13	8,09	1,89	3,210	1,329	3,86	1,19
	40-49 "	22	9,46	3,43	3,577	1,258	4,00	1,01
	50-59 "	18	9,03	3,94	3,332	1,337	3,92	0,77
80 Watt	20-29 Jahre	13	25,85	4,38	2,168	0,523	11,22	1,12
	30-39 "	13	27,48	6,02	2,261	0,433	10,75	0,91
	40-49 "	22	29,69	5,58	2,477	0,486	11,11	1,11
	50-59 "	18	28,77	5,20	2,543	0,431	10,39	0,95
120 Watt	20-29 Jahre	12	37,48	4,73	2,407	0,403	12,47	0,84
	30-39 "	12	42,16	5,16	2,576	0,401	12,31	1,03
	40-49 "	22	47,70	8,95	2,915	0,547	12,96	1,26
	50-59 "	15	48,25	13,22	3,149	0,795	12,15	1,47
160 Watt	20-29 Jahre	12	55,44	8,88	2,799	0,587	13,72	1,18
	30-39 "	4	58,58	6,56	2,918	0,761	13,13	1,80
	40-49 "	8	64,19	10,09	3,194	0,425	14,13	1,12
	50-59 "	4	68,58	14,68	3,375	0,545	13,63	0,33

Tabelle V Medergebnisse bei übergewichtigen Nichtsportlern (Mittelwerte und Standard-
Abweichungen)

	Altersgruppe	Anzahl	AMV		ÄÄ		s		O ₂ -Puls	
			M	s	M	s	M	s	M	s
Ruhe	20-29 Jahre	12	8,68	2,19	3,028	1,192	4,28	0,76		
	30-39 "	11	8,59	3,34	2,876	1,133	4,38	1,26		
	40-49 "	49	8,57	2,96	3,392	1,355	3,76	1,05		
	50-59 "	28	9,29	7,88	3,055	0,986	3,69	0,67		
80 Watt	20-29 Jahre	12	27,43	6,59	2,363	0,783	10,33	1,46		
	30-39 "	11	27,16	4,59	2,275	0,336	11,29	1,55		
	40-49 "	49	29,58	5,43	2,473	0,417	10,86	1,02		
	50-59 "	28	31,96	5,28	2,634	0,336	10,83	1,09		
120 Watt	20-29 Jahre	11	40,67	8,45	2,494	0,459	12,27	0,72		
	30-39 "	11	45,15	10,75	2,755	0,627	13,41	1,77		
	40-49 "	44	48,40	9,96	2,915	0,601	12,69	1,36		
	50-59 "	24	45,54	6,43	2,894	0,404	12,48	1,16		
160 Watt	20-29 Jahre	3	55,50	5,31	2,873	0,137	13,43	1,16		
	30-39 "	7	69,69	16,42	3,381	0,596	14,76	2,10		
	40-49 "	13	71,15	18,15	3,326	0,816	14,48	1,44		
	50-59 "	6	65,00	7,31	3,220	0,428	14,47	1,48		

Tabelle VI

Körpermaße bei normalgewichtigen und übergewichtigen Nichtsportlern
(Mittelwerte und Standard-Abweichungen)

Altersgruppe	Anzahl	Körper- größe		Körper- gewicht		rel. Körper- gewicht		Körper- oberfläche	
		M	s	M	s	M	s	M	s
<u>1. Normalgewichtige Nichtsportler</u>									
20-29 Jahre	13	179,5	6,8	72,73	4,97	1,60	4,58	1,917	0,111
30-39 "	13	174,8	7,9	74,35	8,23	4,30	5,06	1,890	0,148
40-49 "	22	176,0	7,2	76,67	7,80	5,70	3,98	1,926	0,143
50-59 "	18	172,9	6,6	71,52	6,46	3,20	4,94	1,853	0,125
<u>2. Übergewichtige Nichtsportler</u>									
20-29 Jahre	12	176,9	6,4	83,75	9,42	20,07	6,89	2,006	0,142
30-39 "	11	175,5	6,9	85,45	8,18	19,62	6,71	2,011	0,134
40-49 "	49	173,4	7,3	83,27	10,44	19,00	9,96	1,969	0,156
50-59 "	28	172,5	5,7	84,13	7,34	21,88	8,67	1,978	0,110

Abb. 9 Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern,
Mittelwerte bei 20-29 jährigen

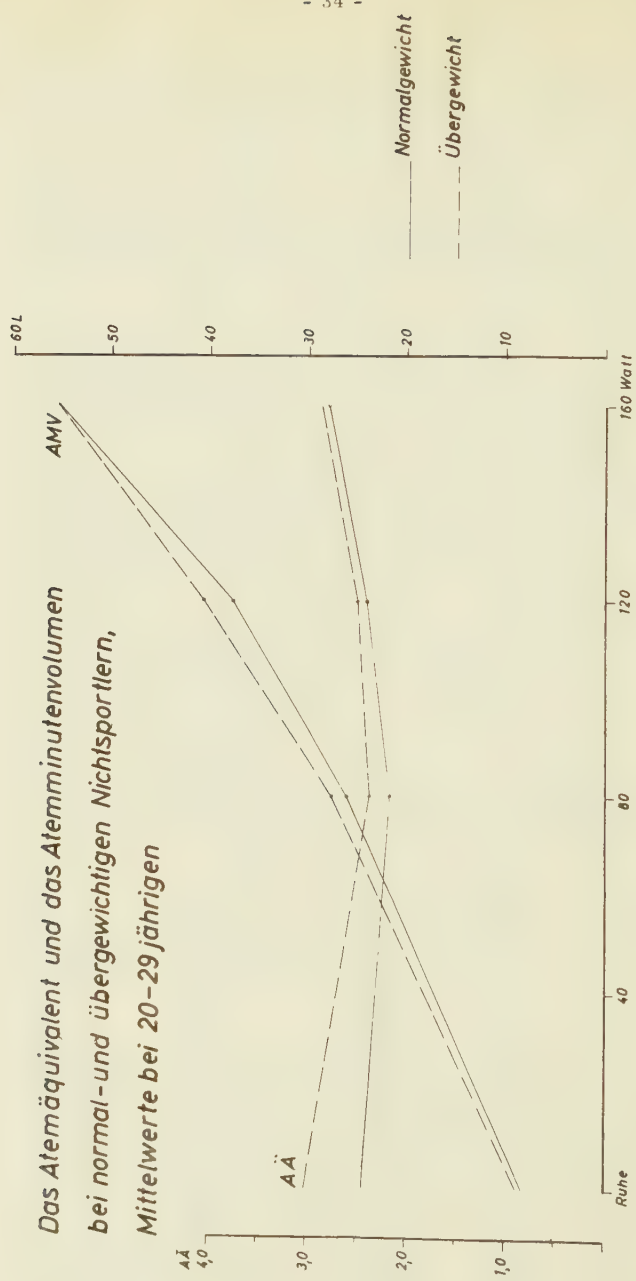
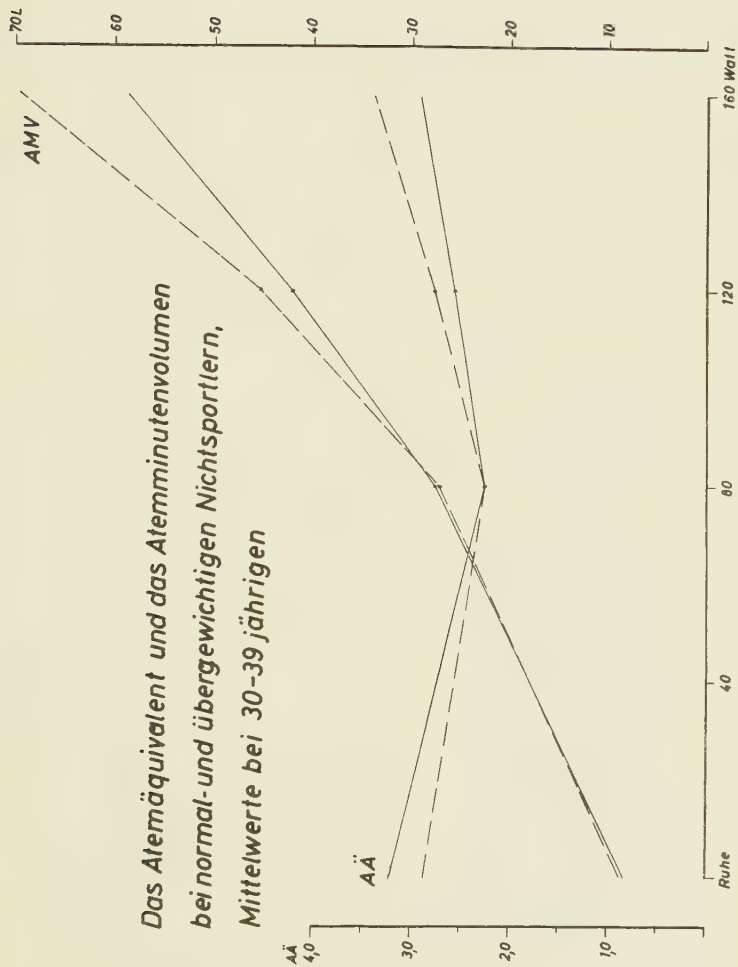


Abb.10

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern,
Mittelwerte bei 30-39 jährigen



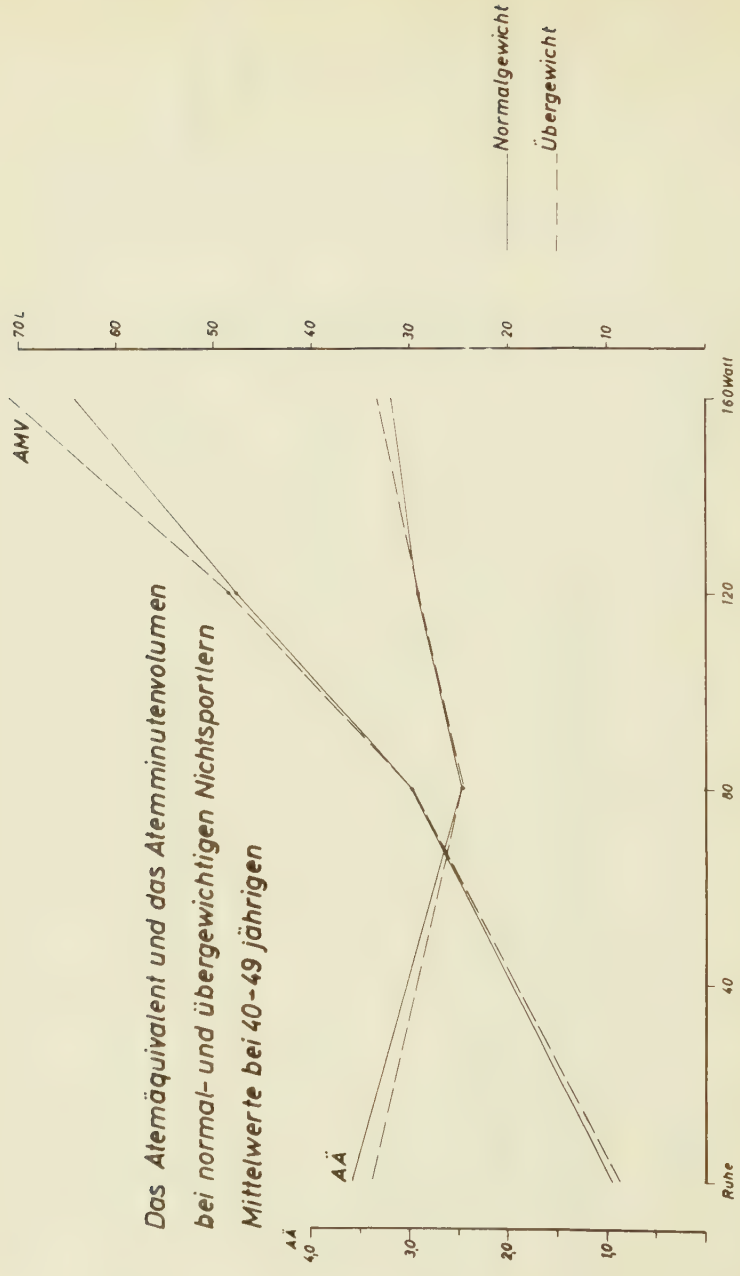


Abb. 11 Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern Mittelwerte bei 40-49 jährigen

Abb. 12

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei normal- und übergewichtigen Nichtsport-
lern, Mittelwerte bei 50-59 jährigen.

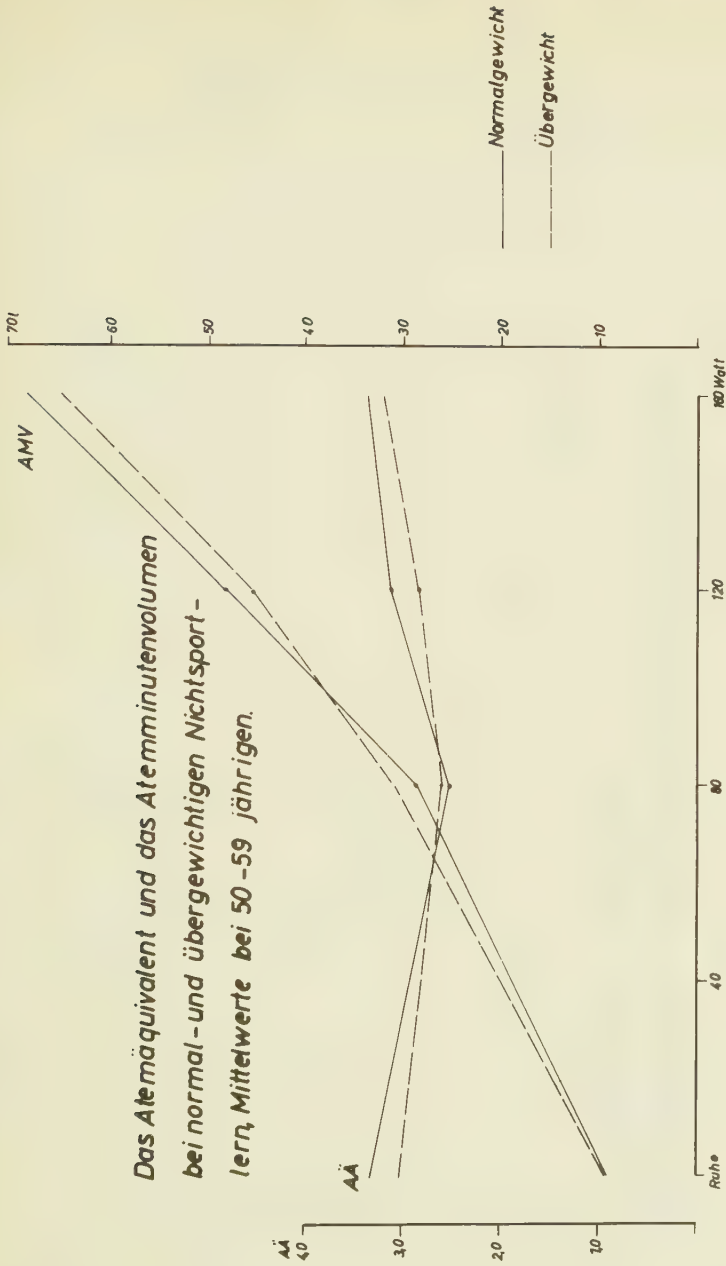


Abb 13

Der Sauerstoffpuls bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern
Mittelwerte bei 20-29 jährigen.

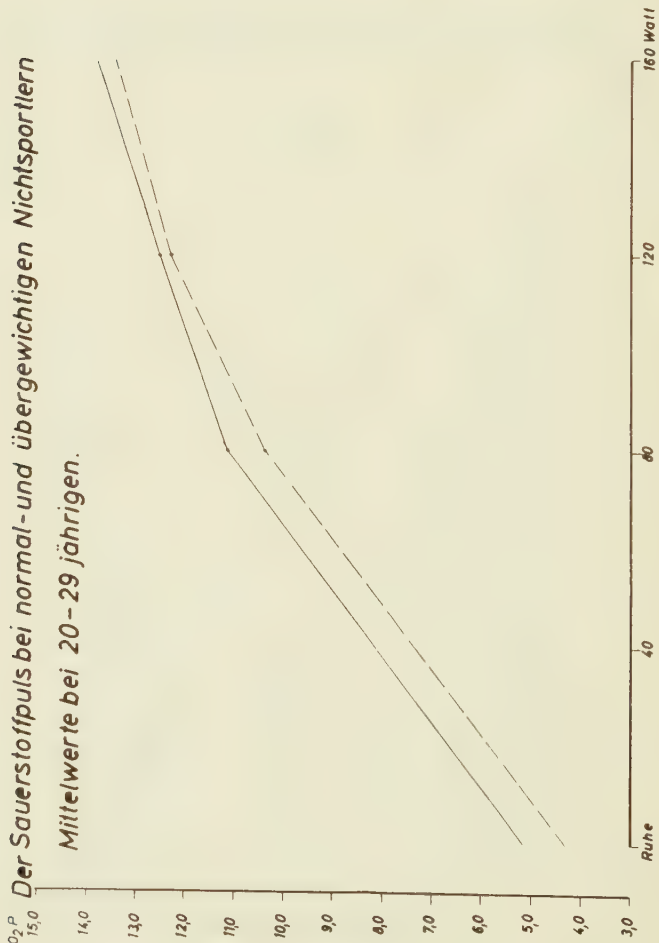


Abb.14

Der Sauerstoffpuls bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern
Mittelwerte bei 30-39 jährigen

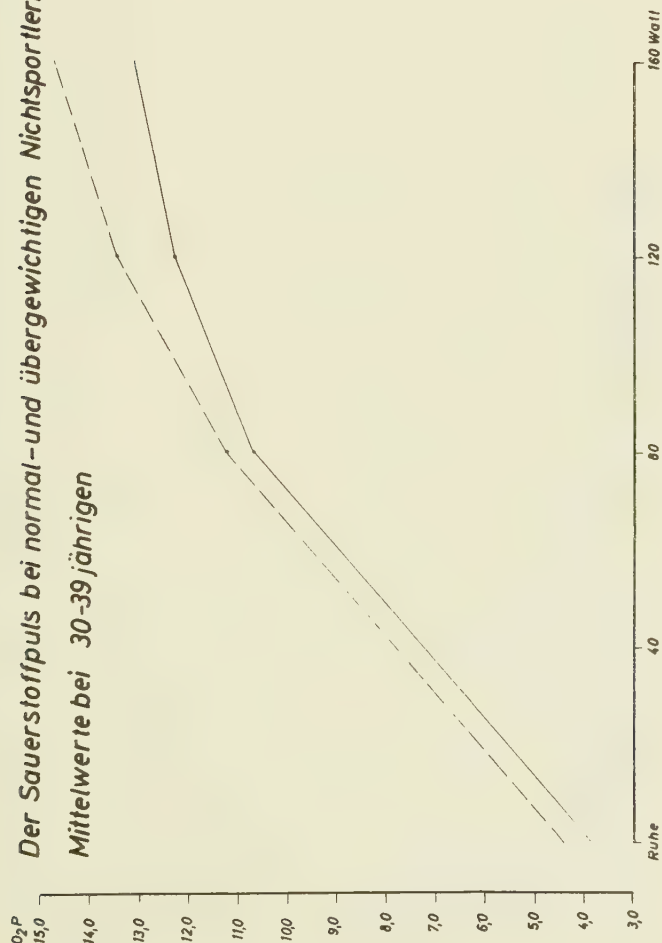


Abb.15



Abb. 16

$\text{O}_2\text{P}_{15,0}$ Der Sauerstoffpuls bei normal- und übergewichtigen Nichtsportlern
Mittelwerte bei 50-59 jährigen

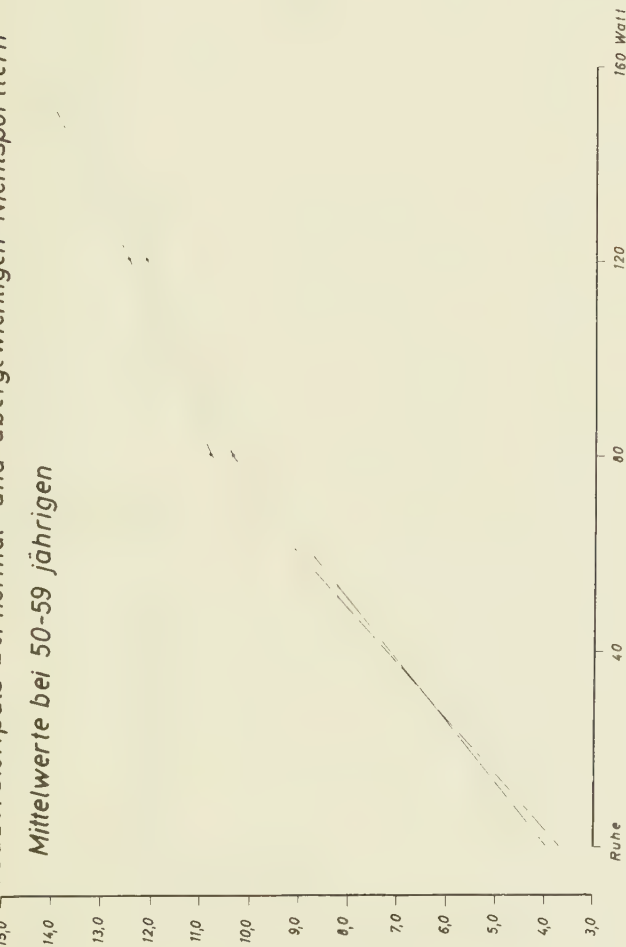


Abb.17

Die Vitalkapazität in Abhängigkeit zum Alter bei 20-60 jährigen Nichtsportlern und Sportler



Abb. a
Das Atemäquivalent (80 Watt) in Relation zur Körpergröße
(Untrainierte im Alter von 40-50 Jahren)

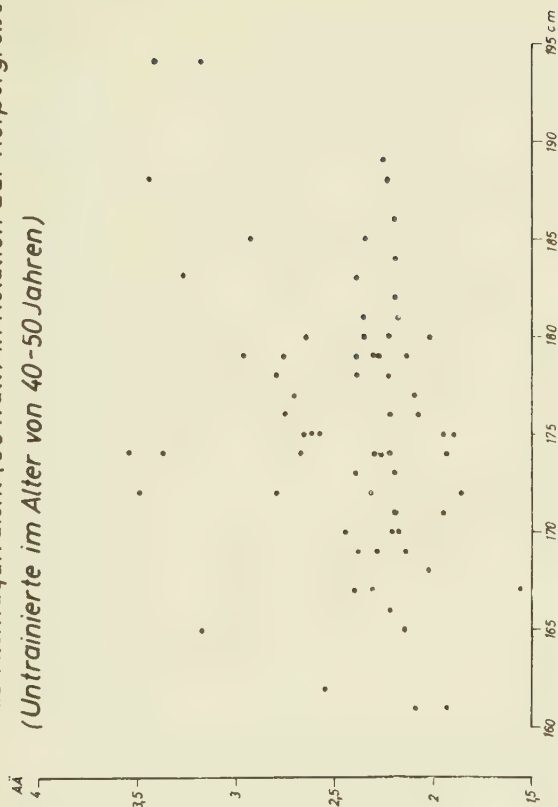


Abb. b

Das relative Atemäquivalent (ÄÄ/kg) bei 80 Watt in Beziehung zur Körpergröße bei Nichtsportlern im Alter von 40-50 Jahren

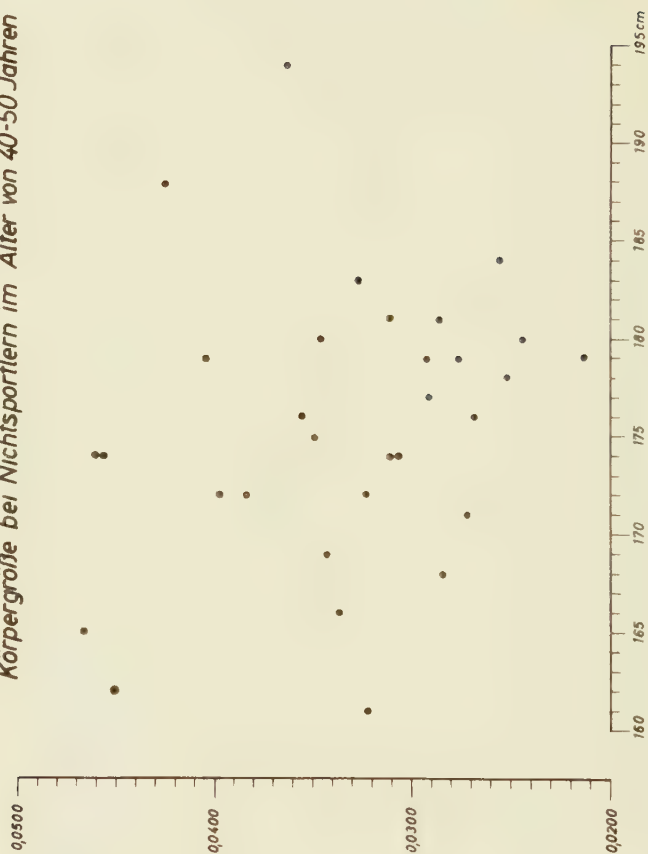


Abb. c
Das Atemäquivalent (80 Watt) in Relation zum Körpergewicht
bei vorwiegend Untrainierten im Alter von 40-50 Jahren

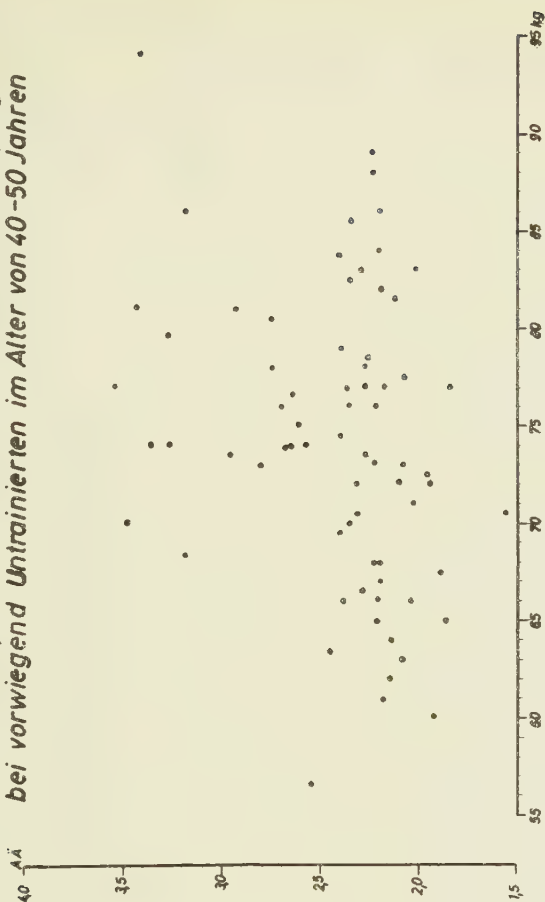
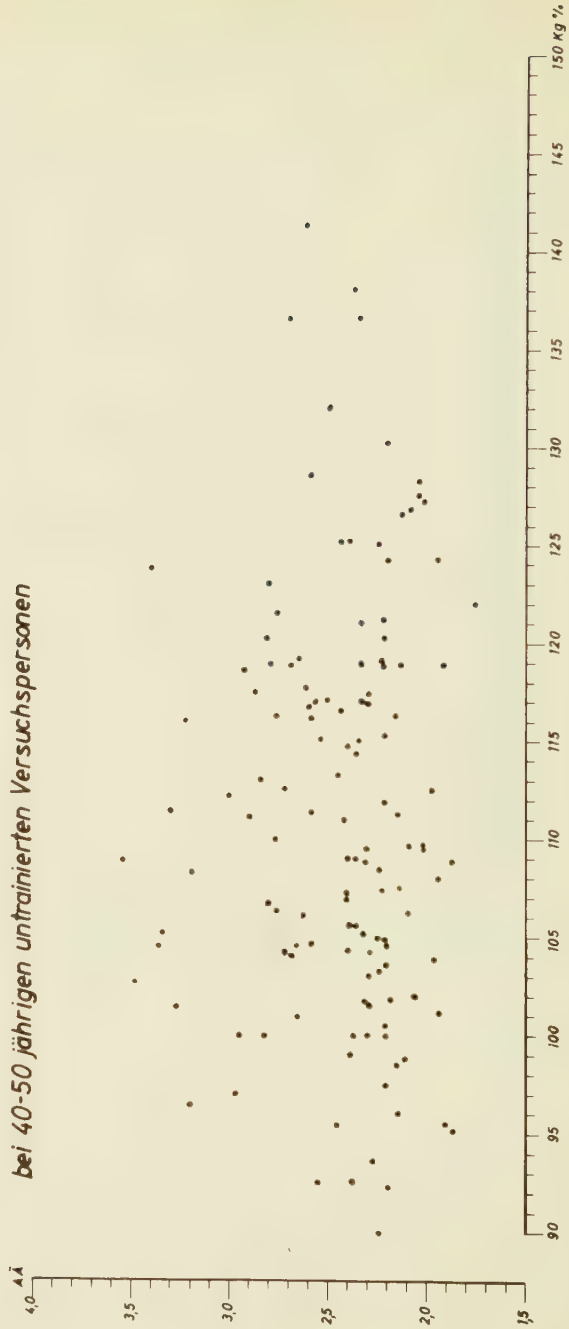


Abb. d Die Beziehung zwischen Körpergewicht (kg %) und Atemäquivalent
bei 40-50 jährigen untrainierten Versuchspersonen



Abbe

Das Atemäquivalent in Beziehung zur Körperoberfläche bei vorwiegend
Untrainierten im Alter von 40-50 Jahren

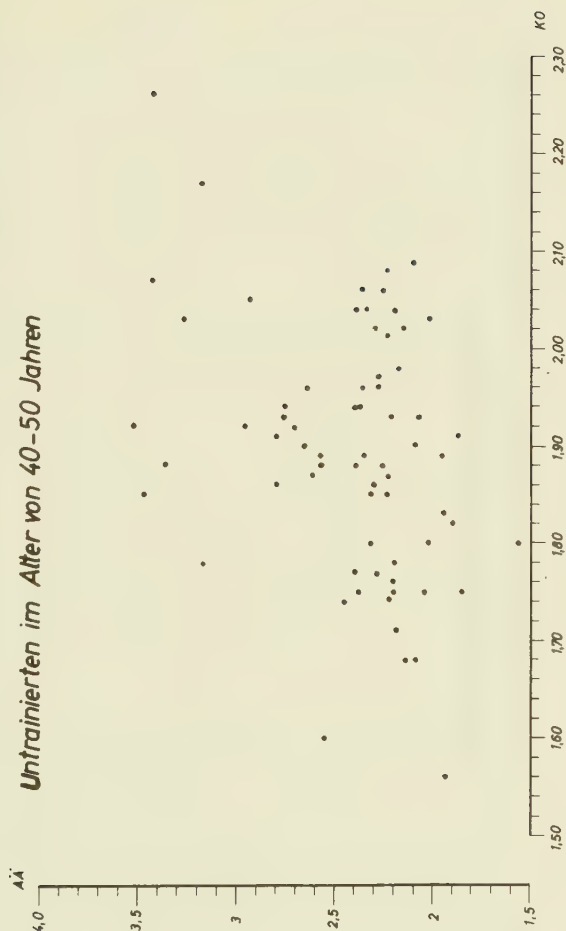


Abb. f

Das Atemäquivalent in Relation zur Vitalkapazität (bei 80 Watt)
Untrainierte im Alter von 40-50 Jahren)

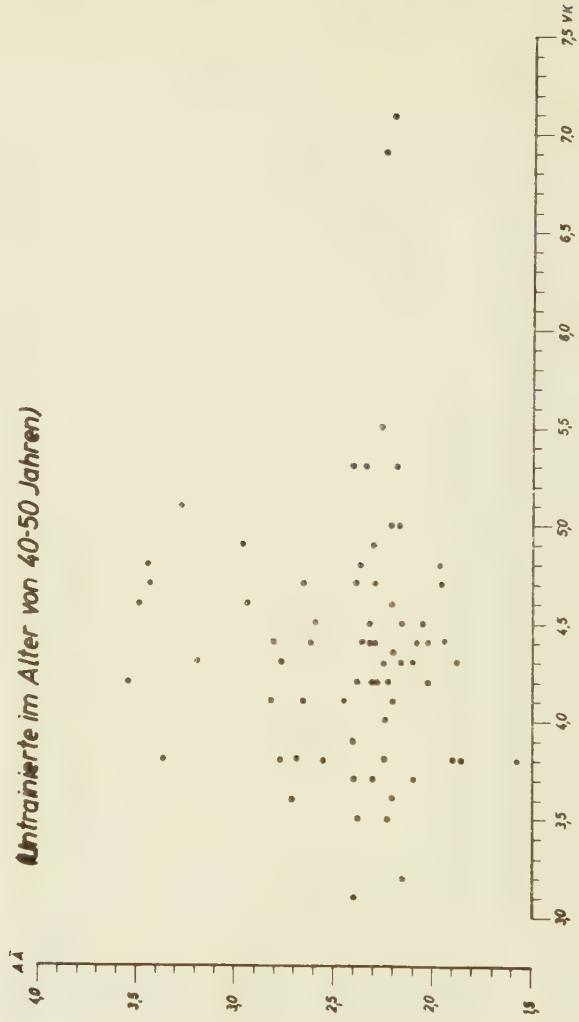


Abb. g
Das Atemäquivalent (80 Watt) in Relation zum O_2 -Puls (80 Watt)
bei 40-50 jährigen untrainierten Versuchspersonen

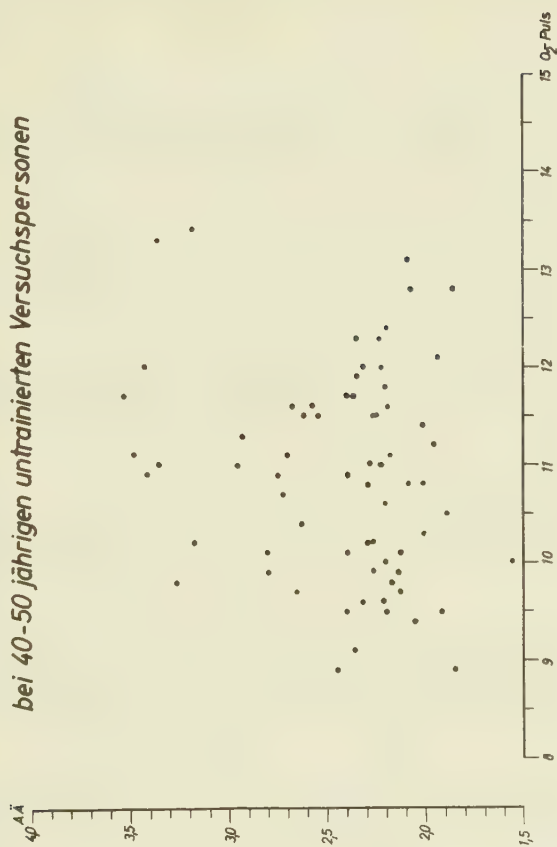


Tabelle VII Meßergebnisse bei normalgewichtigen Sportlern (Mittelwerte und Standard-
Abweichungen)

	Altersgruppe	Anzahl	AMV		AA		O ₂ -Puls	
			M	s	M	s	M	s
Ruhe	20-29 Jahre	19	7,56	3,97	2,534	1,179	4,54	1,01
	30-39 "	17	9,44	2,93	3,259	0,957	4,14	0,83
	40-49 "	36	8,94	2,72	3,038	0,973	4,55	1,25
	50-59 "	10	8,60	1,90	3,727	1,329	3,57	1,43
80 Watt	20-29 Jahre	19	26,15	4,86	2,218	0,462	10,63	1,37
	30-39 "	17	28,92	5,77	2,445	0,519	11,12	1,01
	40-49 "	36	27,20	7,77	2,266	0,541	11,43	1,42
	50-59 "	10	28,16	4,53	2,476	0,355	10,59	1,91
120 Watt	20-29 Jahre	19	38,54	9,50	2,403	0,592	12,77	1,55
	30-39 "	17	41,61	11,18	2,610	0,782	13,16	1,81
	40-49 "	36	39,44	8,03	2,473	0,478	13,36	1,21
	50-59 "	10	45,54	6,59	2,830	0,423	13,05	2,17
160 Watt	20-29 Jahre	15	53,75	13,36	2,681	0,662	14,61	1,69
	30-39 "	12	61,05	11,46	3,028	0,656	14,84	1,53
	40-49 "	28	59,89	13,01	2,901	0,595	14,69	1,46
	50-59 "	2	64,90	20,79	3,155	1,039	15,35	3,61

Tabelle VIII Meßergebnisse bei übergewichtigen Sportlern (Mittelwerte und Standard-
Abweichungen)

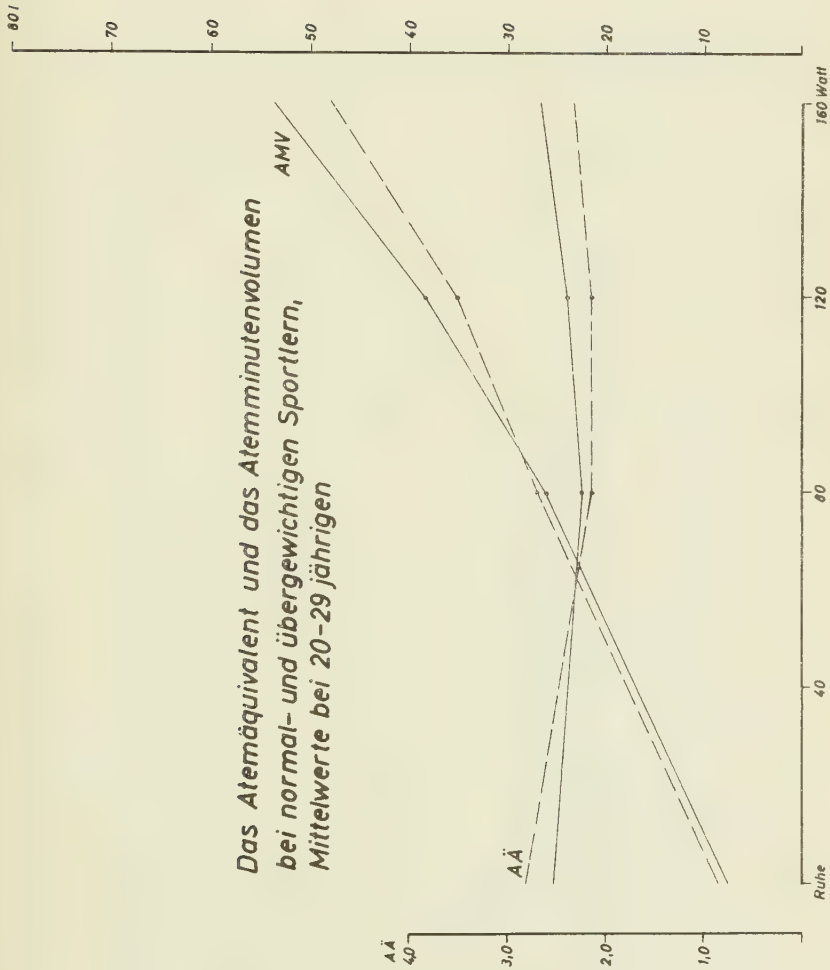
	Altersgruppe	Anzahl	AMV		ÄÄ		O ₂ -Puls	
			M	s	M	s	M	s
Ruhe	20-29 Jahre	8	8,55	4,66	2,815	1,579	4,74	0,92
	30-39 "	8	8,69	3,19	2,830	0,959	4,65	1,50
	40-49 "	23	8,77	2,39	2,936	0,862	4,85	1,14
	50-59 "	16	11,16	7,63	3,604	1,511	4,34	1,35
80 Watt	20-29 Jahre	8	26,94	8,41	2,173	0,710	11,56	1,83
	30-39 "	8	27,33	5,43	2,278	0,417	10,96	1,46
	40-49 "	23	24,42	5,07	1,994	0,324	11,82	1,34
	50-59 "	16	28,33	4,90	2,341	0,386	11,89	1,36
120 Watt	20-29 Jahre	8	35,26	4,13	2,164	0,239	12,54	1,59
	30-39 "	8	42,34	10,73	2,670	0,684	12,78	1,85
	40-49 "	23	39,19	8,98	2,444	0,510	13,71	1,29
	50-59 "	16	42,28	9,17	2,590	0,511	13,33	1,45
160 Watt	20-29 Jahre	6	48,03	4,81	2,335	0,317	14,25	2,50
	30-39 "	7	56,34	11,89	2,836	0,581	14,29	1,64
	40-49 "	22	54,58	9,83	2,640	0,457	15,14	2,03
	50-59 "	11	61,31	15,25	3,085	0,607	14,33	1,67

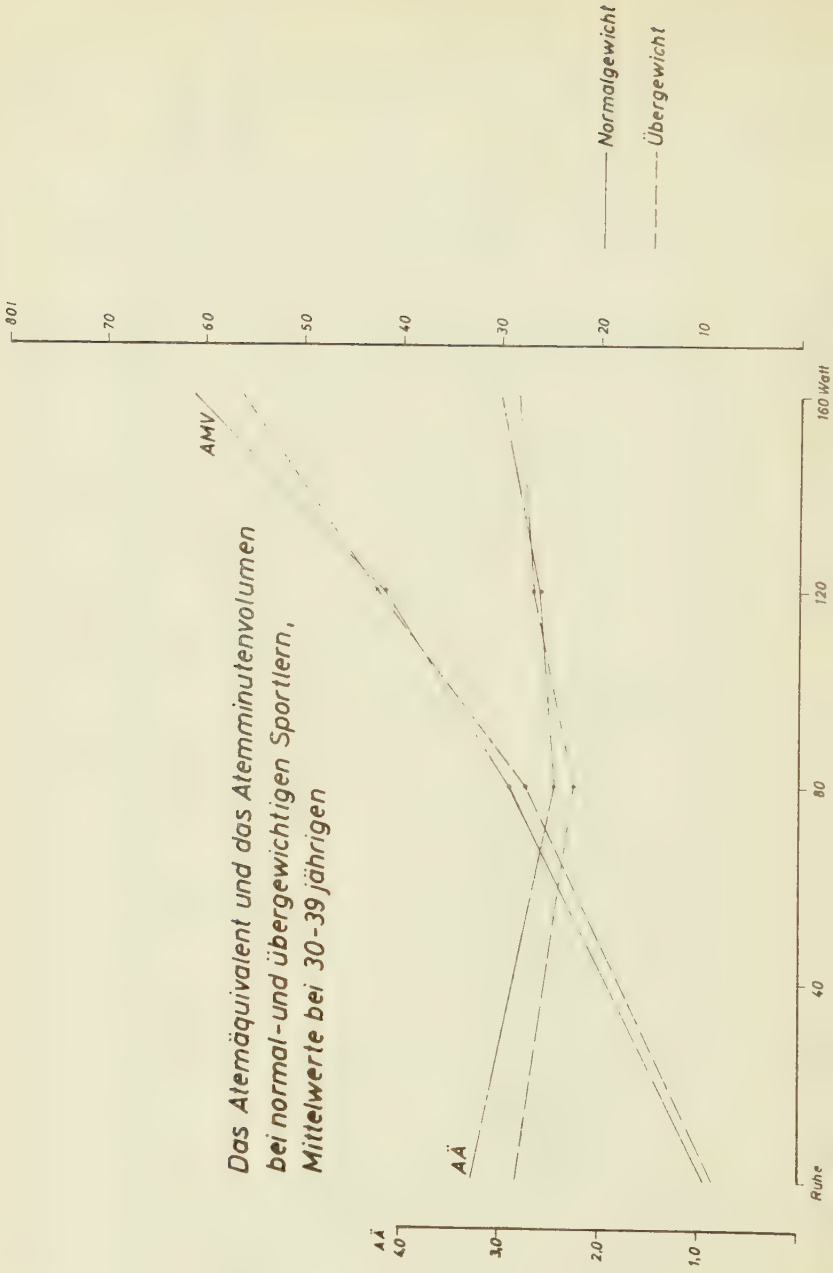
Tabelle IX Körpermaße bei normalgewichtigen und übergewichtigen Sportlern
(Mittelwerte und Standard-Abweichungen)

Altersgruppe	Anzahl	Körpergröße		Körpergewicht		rel. Körpergewicht		Körperoberfläche	
		M	s	M	s	M	s	M	s
<u>1. Normalgewichtige Sportler</u>									
20-29 Jahre	19	180,9	8,0	74,73	9,26	2,10	5,31	1,942	0,159
30-39 "	17	176,4	6,0	75,56	6,17	6,70	12,57	1,915	0,107
40-49 "	36	175,6	6,0	72,25	12,85	3,40	4,24	1,898	0,112
50-59 "	10	172,5	7,6	70,75	6,59	2,30	6,59	1,836	0,123
<u>2. Übergewichtige Sportler</u>									
20-29 Jahre	8	177,8	7,3	82,13	5,46	16,81	5,52	1,995	0,105
30-39 "	8	175,6	7,0	83,31	6,19	16,58	5,38	1,984	0,125
40-49 "	23	175,6	6,3	83,52	7,54	17,00	5,25	2,007	0,134
50-59 "	16	171,6	6,0	81,25	7,80	19,21	8,85	1,941	0,116

Abb. 16

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei normal- und übergewichtigen Sportlern,
Mittelwerte bei 20-29 jährigen



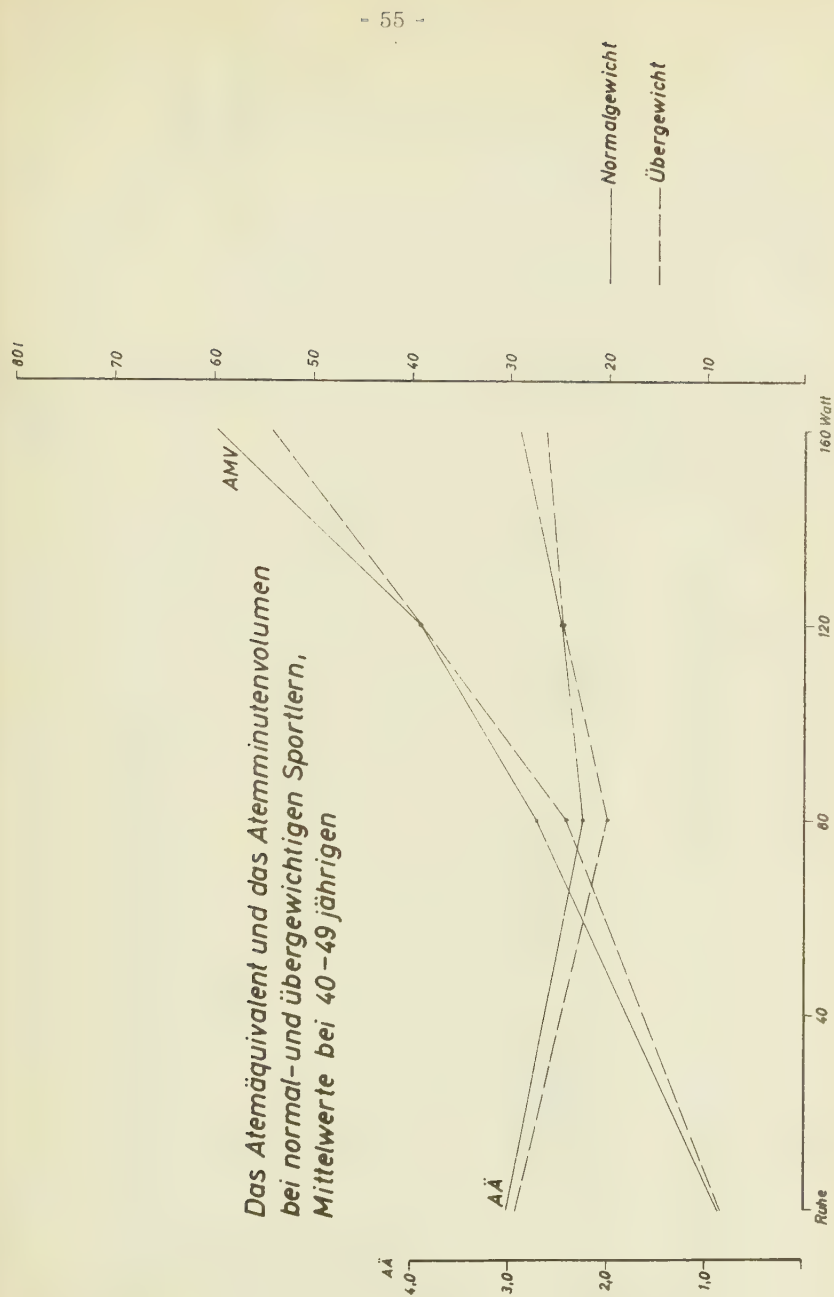


Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen bei normal- und übergewichtigen Sportlern, Mittelwerte bei 30-39-jährigen

Abb. 19

Abb 20

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei normal- und übergewichtigen Sportlern,
Mittelwerte bei 40-49 jährigen



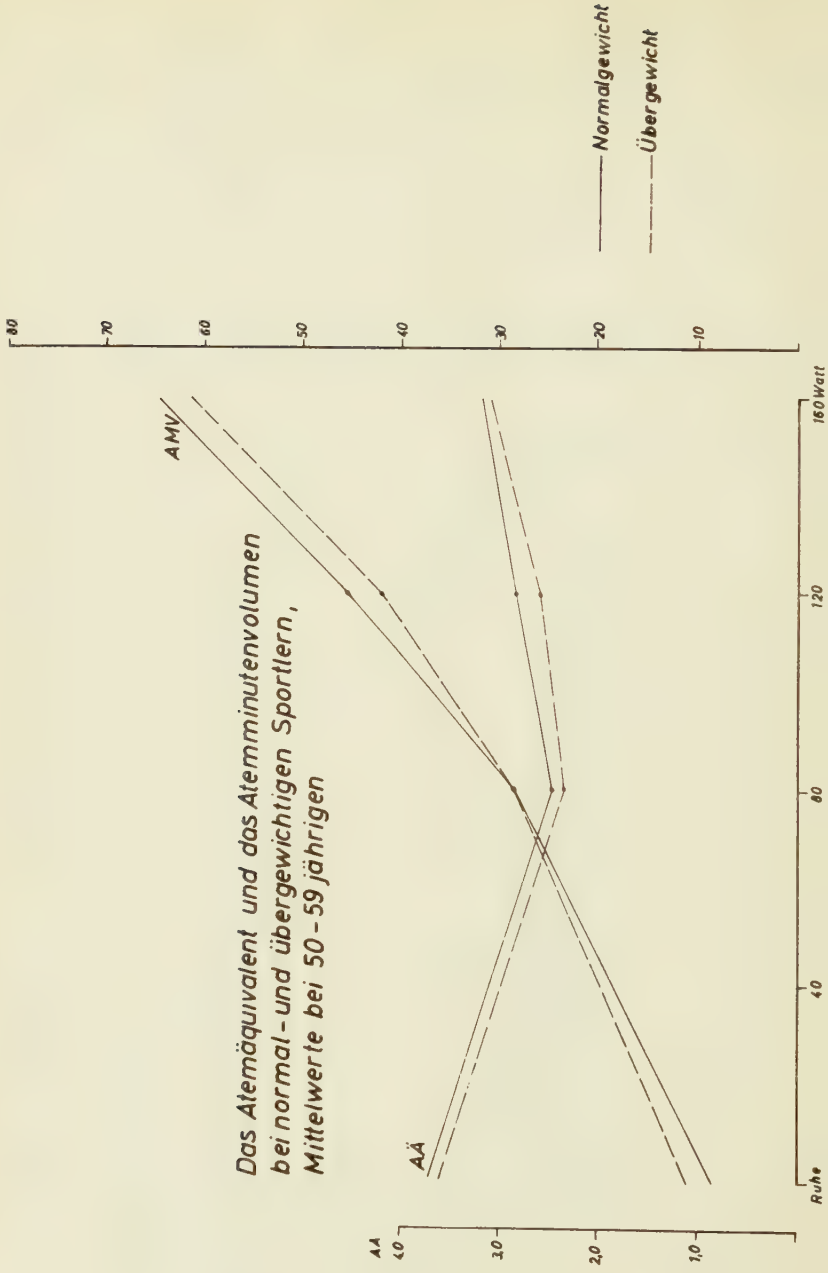
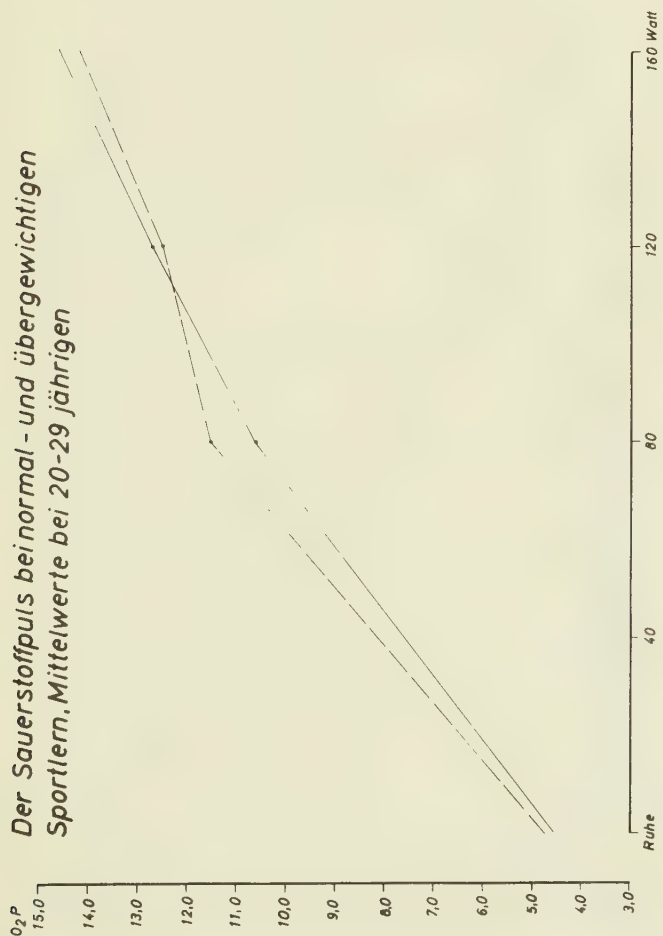


Abb. 21

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei normal- und übergewichtigen Sportlern,
Mittelwerte bei 50-59 jährigen

Abb 22

Der Sauerstoffpuls bei normal- und übergewichtigen Sportlern, Mittelwerte bei 20-29 jährigen



— Normalgewicht
 --- Übergewicht

Abh 23
Der Sauerstoffpuls bei normal - und übergewichtigen Sportlern, Mittelwerte bei 30 - 39 jährigen



Abb.24

Der Sauerstoffpuls bei normal- und übergewichtigen Sportlern. Mittelwerte bei 40-49 jährigen

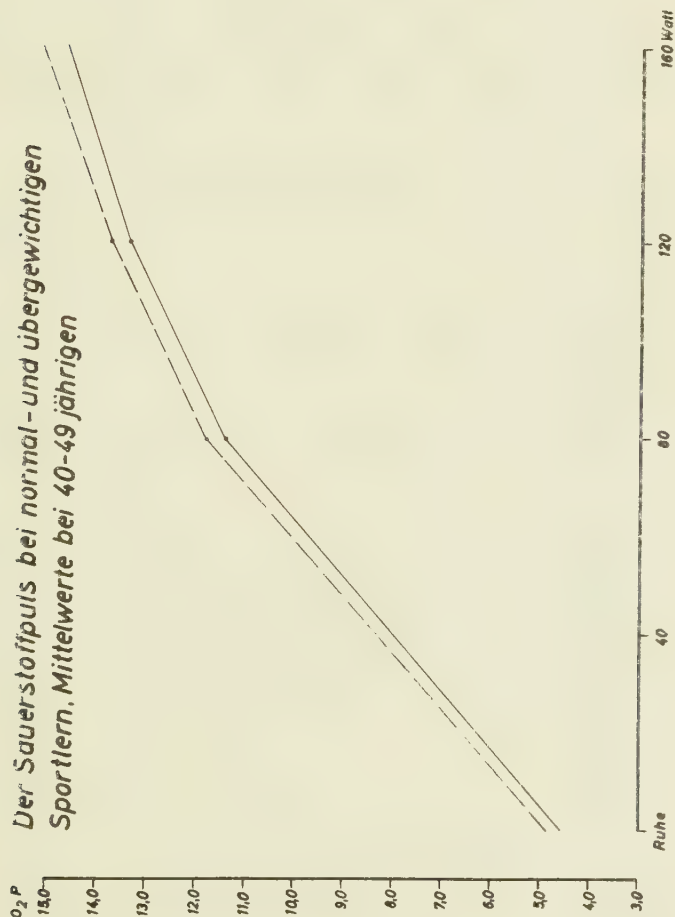
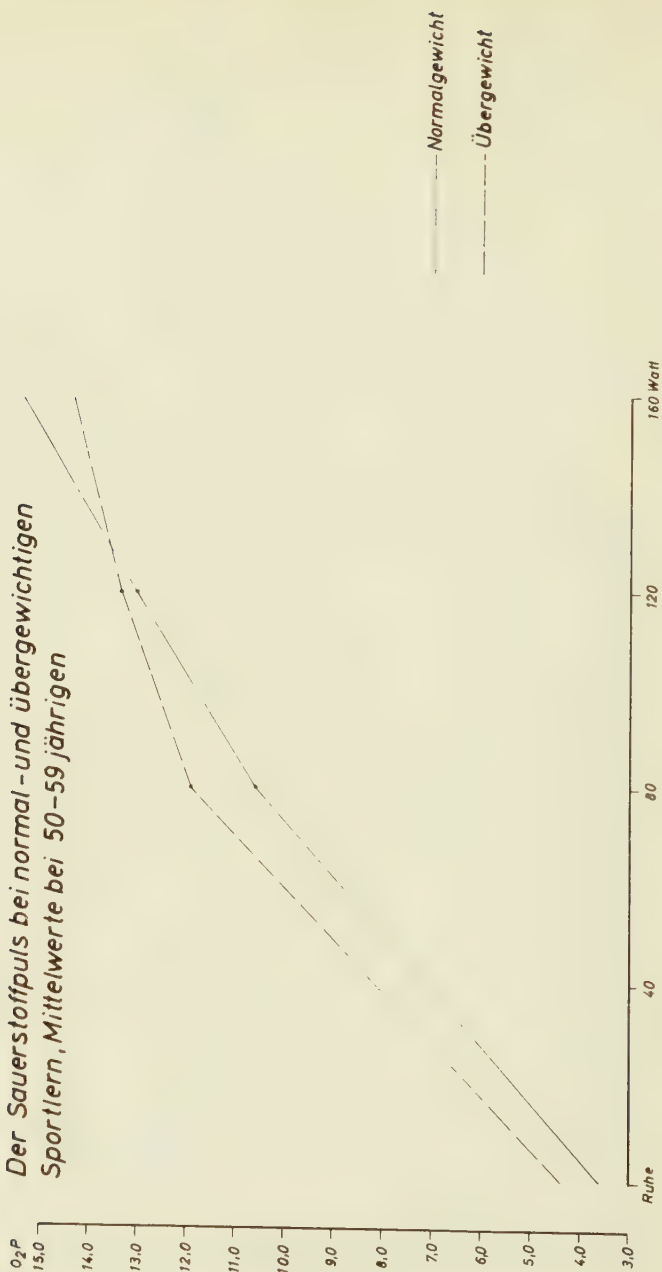


Abb. 25
Der Sauerstoffpuls bei normal- und übergewichtigen Sportlern, Mittelwerte bei 50-59 jährigen



3.) Die Beziehung der Atemgrößen zur körperlichen Aktivität und Leistungsfähigkeit

Der Einfluß des Trainingszustandes auf die Atem-
ökonomie ist in unseren Ergebnissen erkennbar in
der Gegenüberstellung von Nichtsportlern und
Sportlern.

Nach Tabelle I und II und den Abb. 1-5 haben die
Sportler in allen Altersgruppen die bessere Ven-
tilation. Bis zur Belastung von 80 Watt findet man
hier keine auffälligen Differenzen in der Größe
des AMV. Ab 120 Watt jedoch wird der Unterschied
der Werte größer, vor allem in der Gruppe der
40-50jährigen. Deutliche Abweichungen zwischen
Sportlern und Nichtsportlern zeigen sich bei Lei-
stung von 160 Watt im AMV ab dem 30. Lebensjahr.
Das Verhältnis der Ventilation zur Sauerstoffauf-
nahme läßt bei den Sportlern die ökonomischere
Atmungsform erkennen. Auffallend ist auch bei diesen,
daß das AM über alle Altersstufen ruhig und gleich-
mäßig verläuft.

Etwas besser ist auch der O_2 -Puls bei den Trainier-
ten, doch die Unterschiede in allen Altersgruppen
sind sehr gering.

Die Gegenüberstellung von normalgewichtigen Nicht-
sportlern und normalgewichtigen Sportlern (Tabelle
IV und VII) läßt in den beiden Altersgruppen der
20- und 30jährigen keine bessere Atemökonomie der
Trainierten erkennen. Doch zeigen die 30jährigen
Nichtsportler in höheren Belastungen den besseren
Sauerstoffpuls.

Die Altersgruppe der 40-50jährigen dagegen zeigt deutlich, daß die Nichtsportler eine schlechtere Atemökonomie haben. Der O_2 -Puls zeigt bei dieser Altersgruppe zwar auch einen leicht höheren, aber praktisch unbedeutenden Wert zu Gunsten der Nichtsportler.

Die Gruppe der 50-59jährigen zeigt bei den Nichtsportlern und Sportlern bei Belastung von 80 Watt fast gleiche Werte des AMV und des $\dot{V}_{A\dot{A}}$. Bei höheren Belastungen haben dann die Sportler wiederum die besseren Werte.

Der O_2 -Puls dieser Altersgruppe verläuft ebenso wie das Atemminutenvolumen des $\dot{V}_{A\dot{A}}$.

In Tabelle V und VIII läßt die Gegenüberstellung übergewichtiger Personen in trainiertem und untrainiertem Zustand noch deutlicher als bei Normalgewichtigen die bessere Atemökonomie der Sportler erkennen.

In allen Altersgruppen finden wir also eine auffällige Differenz in der Ventilation zur O_2 -Aufnahme, auch die leichte Größenzunahme des O_2 -Pulses läßt auf die bessere Leistungsfähigkeit der Sportler schließen.

Zum Schluß sei noch hingewiesen auf die erkennbare Größenzunahme der Vitalkapazität bei den Sportlern, die auch auf vermehrte Leistungsfähigkeit schließen läßt. (Tabelle X, Abb. 5, 17)

Abb. 26

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei 20-29 jährigen Nichtsportlern und Sportlern

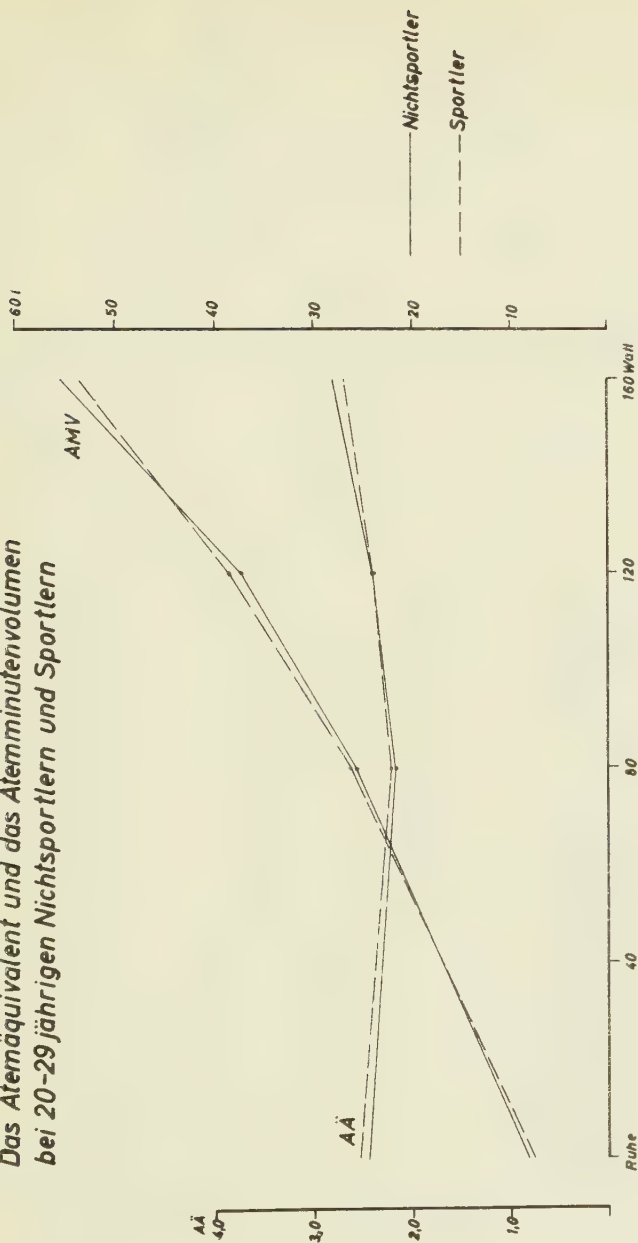


Abb. 27

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei 30-39-jährigen Nichtsportlern und Sportlern

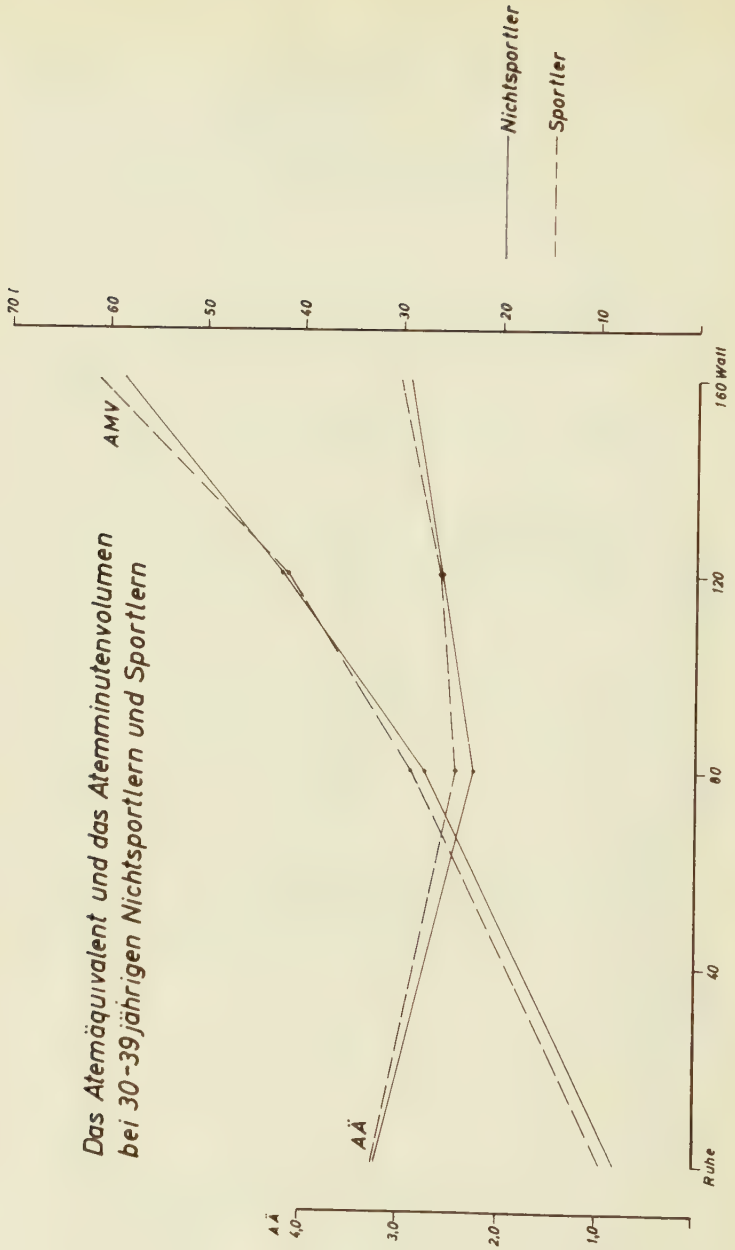
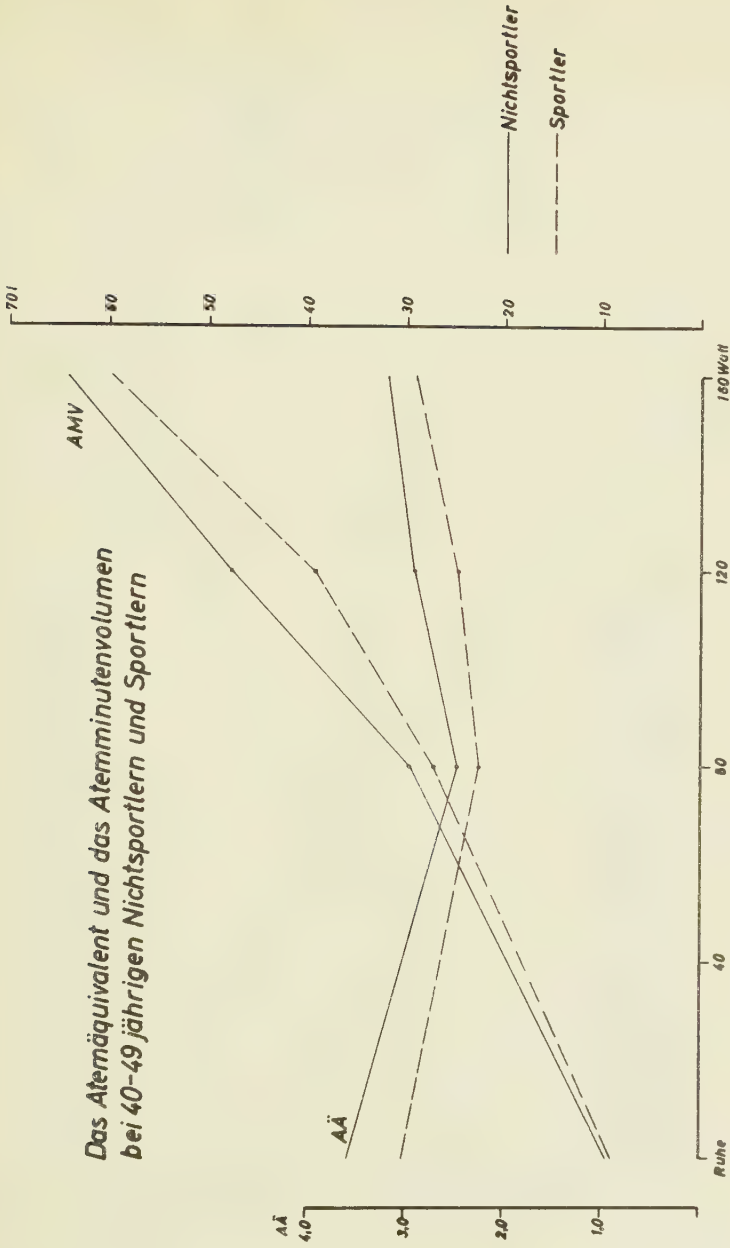


Abb. 28

Das Atemäquivalent und das Atemminutenvolumen
bei 40-49 jährigen Nichtsportlern und Sportlern



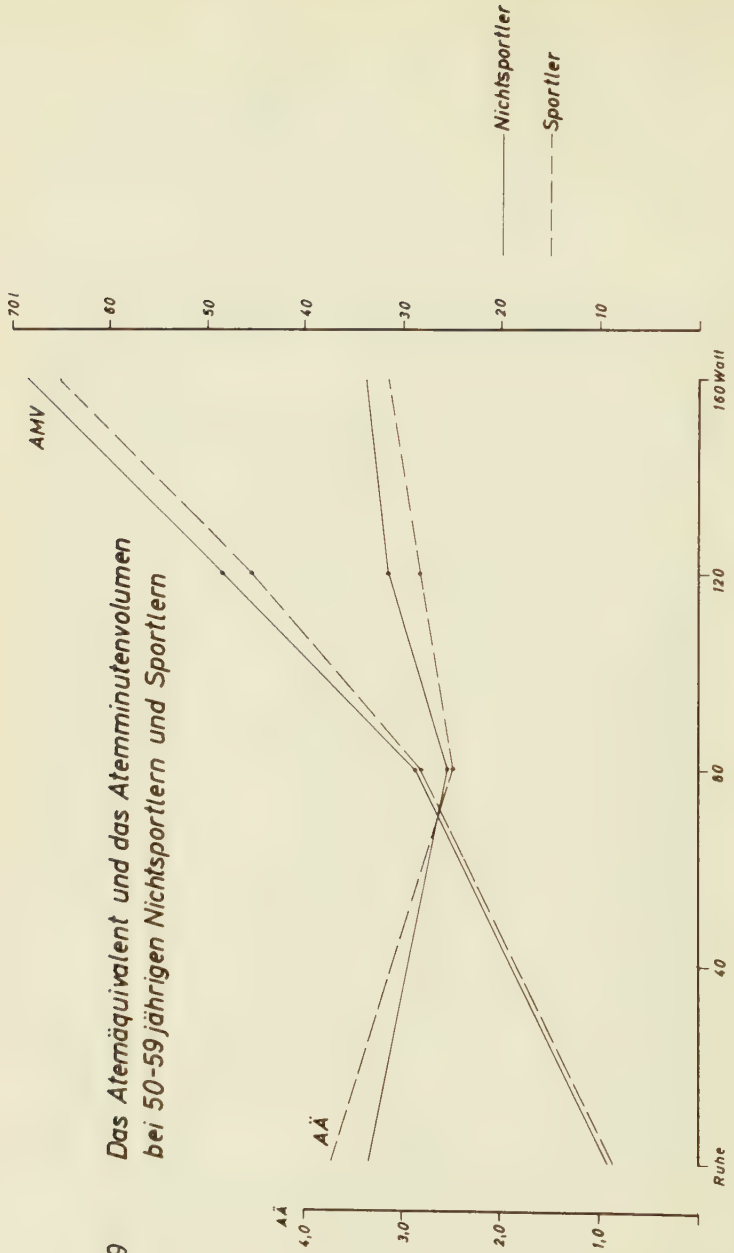


Abb. 30 O_2P
Der Sauerstoffpuls bei normalgewichtigen,
20-29 jährigen Nichtsportlern und Sportlern

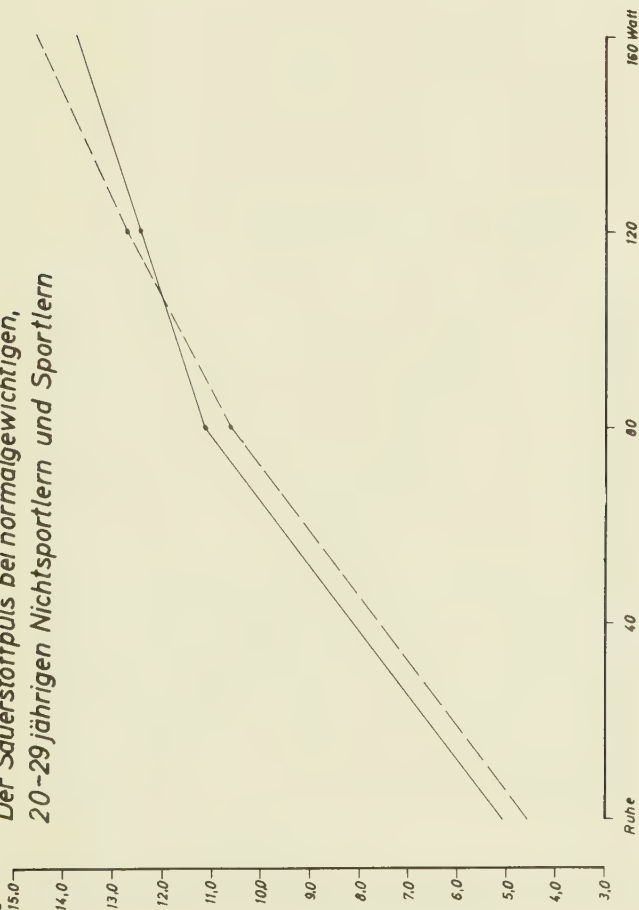


Abb. 31

Der Sauerstoffpuls bei normalgewichtigen,
30-39-jährigen Nichtsportlern und Sportlern

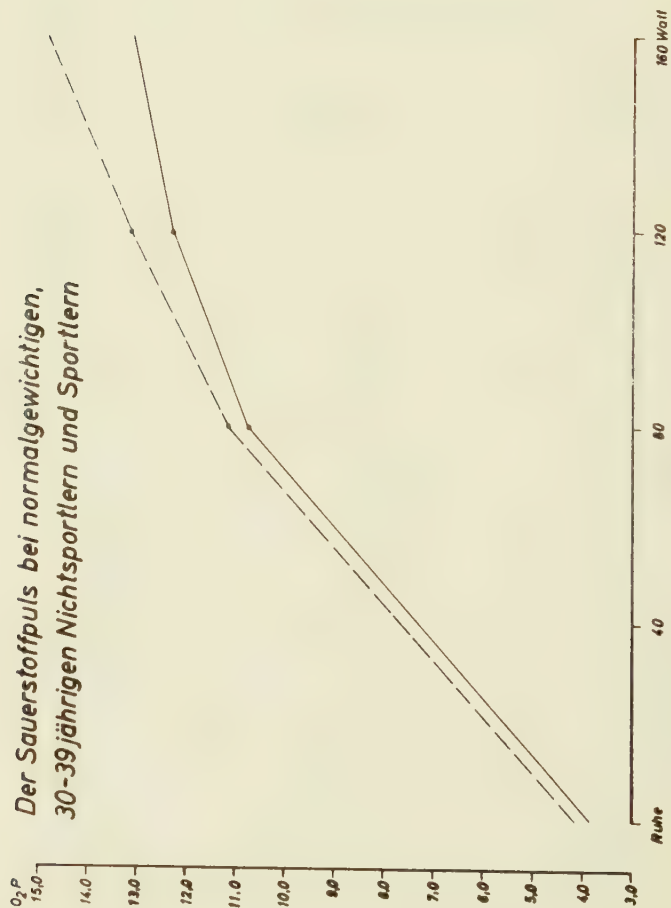


Abb. 32

Der Sauerstoffpuls bei normalgewichtigen,
40-49 jährigen Nichtsportlern und Sportlern

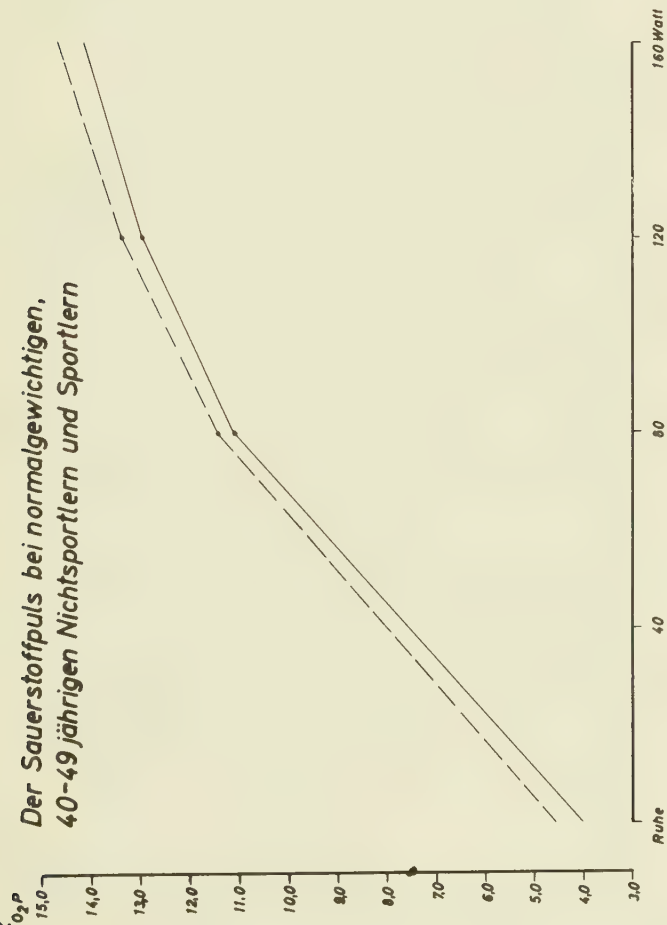
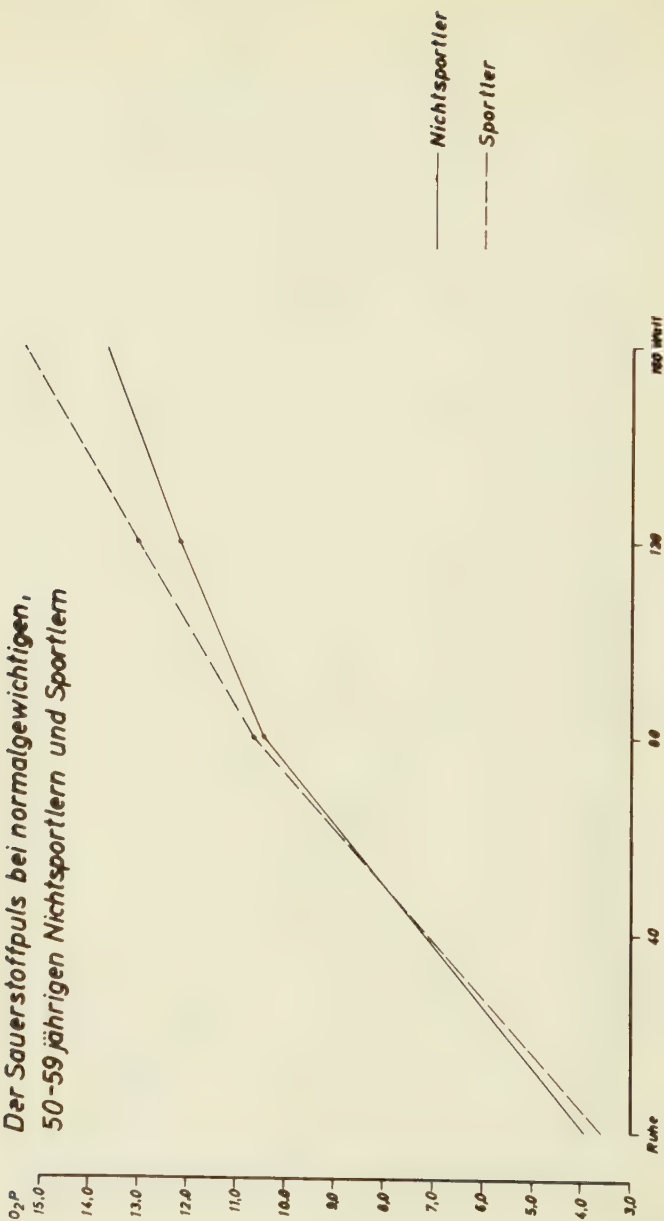


Abb. 33

Der Sauerstoffpuls bei normalgewichtigen,
50-59 jährigen Nichtsportlern und Sportlern



DISKUSSION

Zur Beurteilung der Atmung stellt das Atemäquivalent eine wichtige Größe dar, die uns einen Einblick in die Leistungsfähigkeit des Respirationsapparates gibt.

Das Atemäquivalent ist nach ANTHONY wie folgt definiert:

$$\frac{\text{AMV (BTPS) l/min} \times 100}{\text{O}_2\text{-Aufnahme (STPD) cm}^3/\text{min}}$$

Dieser Quotient bezeichnet, wieviel Liter Atemluft bei 100 cm³ Sauerstoffaufnahme ventiliert werden und entspricht, abgesehen von einer rechnerischen Modifikation, der

"Spezifischen Ventilation" von ROSSIER und MÉAN.

Die jeweils größere aufgenommene O₂-Menge beim jeweiligen Ventilationsaufwand errechnet den höheren Wert für das Atemäquivalent.

Damit erweist sich dieser Quotient unter Belastung als geeignetes Mittel zur Erklärung der Atemökonomie.

Da unsere Ergebnisse mit fortschreitendem Alter eine Zunahme in der Größe des $\dot{A}\ddot{A}$ erkennen lassen, können wir schließen, daß mit höherem Lebensalter die Atemökonomie absinkt; dies zeigt sich bei den Ruhewerten durch eine erhöhte spezifische Ventilation.

In allen Altersgruppen fällt bei ansteigenden submaximalen Leistungen das $\dot{A}\ddot{A}$ zunächst auf ein Minimum ab. Unsere Ergebnisse zeigen dieses bei 80 Watt Belastung. Dies ist der Leistungsbereich, in dem bei relativ niedrigem AMV und größtmöglicher Sauerstoffaufnahme die günstigsten Bedingungen für die Atemfunktion herrschen und entspricht der

"Idealen Belastungsstufe" von E. JOSS

Hier sehen wir gleichzeitig die geringsten Wertunterschiede in den Altersgruppen.

Mit weiter steigender Leistung steigt das AMV verhältnismäßig mehr an als die O_2 -Aufnahme. Es kommt also zu einem Anstieg des $\dot{A}\ddot{A}$, worin wir das Absinken der Atemökonomie erkennen können. Nach HANSEN ist dieser Anstieg ein charakteristischer Punkt in der Beurteilung der cardio-pulmonalen Leistung und stellt den Grenzpunkt eben noch optimaler Ökonomie dar.

Neben einer schlechteren Atemökonomie zeigt sich gleichzeitig die verminderte Leistungsbreite der Älteren hier in einem schnellerem und steilerem Anstieg des $\dot{A}\ddot{A}$.

In der Leistungsstufe von 160 Watt stellen wir fest, daß vor allem ab dem 40. Lebensjahr die Werte des $\dot{A}\ddot{A}$ über 3,1 liegen. Die gleichen Feststellungen gelten für die unten aufgeführten Mittelwerte des $\dot{A}\ddot{A}$ im maximalen steady-state:

Altersgruppe	Nichtsportler		Sportler	
	ÄÄ	max. O ₂ -Puls	ÄÄ	max. O ₂ -Puls
20-29 Jahre	2,775	14,1	2,675	14,8
30-39 "	2,857	12,6	2,985	13,9
40-49 "	3,148	13,5	2,924	14,7
50-59 "	3,165	12,5	3,075	13,7

Nach Untersuchungen von KÖNIG, REINDELL und ROSKAMM werden Maximalwerte des ÄÄ nur bis 3,0 angegeben.

Wir erkennen hier ebenso deutlich die Differenz in den Altersgruppen, die schon JOSS als signifikant bezeichnete.

Wenn wir den Verlauf des Atemminutenvolumen und den des Atemäquivalent zusammen betrachten, sehen wir, daß die Größe des ÄÄ vorwiegend durch die Ventilation bedingt wird, welche (auch nach Untersuchungen von AEPLI) bis zum 50. Lebensjahr einen Anstieg zeigt, um danach leicht abzusinken.

In zusammenhängender Betrachtung des AMV, ÄÄ und O₂-Puls zeigt sich, daß der bekannte Abfall der Leistungsfähigkeit im Alter nicht im Verhalten des O₂-Pulses zum Ausdruck kommt, da sich hier auf gleichen Belastungsstufen nur geringe Unterschiede der Mittelwerte in den Altersgruppen finden, welches auch den Feststellungen von SCHWALB entspricht.

Im Gegensatz dazu ist aus dem Verhalten der V_k, die einen kontinuierlichen Abfall aufweist, und dem Verhalten des ÄÄ, welches die schlechtere Atem-

Ökonomie im Alter anzeigt, die Leistungsminde-
rung deutlich erkennbar.

Ursache dieser Feststellung kann sowohl die Verminderung der respiratorischen Oberfläche in den Lungen sein und die Verschlechterung der Sauerstoffdiffusion, wie auch eine kompensatorische Steigerung der Ventilation bei abnehmender Herzleistung.

Es bleibt die Frage zu beantworten, warum bei 80 Watt Leistung sich die Werte des $\dot{A}\dot{A}$ in den Altersgruppen nicht deutlich unterscheiden, obwohl der Unterschied sowohl in Ruhe als auch bei stärkerer Arbeit vorhanden ist.

Da Untersuchungen von JOSS ergaben, daß sich die tiefsten Werte des $\dot{A}\dot{A}$ bei Älteren vor allem bei 60 Watt finden und jüngere Personen das Minimum der spezifischen Ventilation eher bei 120 Watt zeigen, haben wir wahrscheinlich mit 80 Watt den Leistungsbereich, wo die Werte für die Älteren sich schon wieder im Anstieg befinden, die Kurve für die Jüngeren aber wahrscheinlich noch abfallende Tendenz aufweist. Analoge Feststellungen wie JOSS haben auch REINDELL und KIRCHHOFF an Hochleistungsportlern und Untrainierten gefunden.

Seinen weiteren Einfluß auf die Atemökonomie zeigt das Körpergewicht. Obwohl unsere Relationen des $\dot{A}\dot{A}$ zu den Körpermaßen kaum Beziehungen aufweisen, läßt sich doch in den Mittelwerten der unterschied-

Altersgruppe	Nichtsportler		Sportler	
	ÄÄ	max. O ₂ -Puls	ÄÄ	max. O ₂ -Puls
20-29 Jahre	2,775	14,1	2,675	14,8
30-39 "	2,857	12,6	2,985	13,9
40-49 "	3,148	13,5	2,924	14,7
50-59 "	3,165	12,5	3,075	13,7

Nach Untersuchungen von KÖNIG, REINDELL und ROSKAMM werden Maximalwerte des ÄÄ nur bis 3,0 angegeben.

Wir erkennen hier ebenso deutlich die Differenz in den Altersgruppen, die schon JOSS als signifikant bezeichnete.

Wenn wir den Verlauf des Atemminutenvolumen und den des Atemäquivalent zusammen betrachten, sehen wir, daß die Größe des ÄÄ vorwiegend durch die Ventilation bedingt wird, welche (auch nach Untersuchungen von AEPLI) bis zum 50. Lebensjahr einen Anstieg zeigt, um danach leicht abzusinken.

In zusammenhängender Betrachtung des AMV, ÄÄ und O₂-Puls zeigt sich, daß der bekannte Abfall der Leistungsfähigkeit im Alter nicht im Verhalten des O₂-Pulses zum Ausdruck kommt, da sich hier auf gleichen Belastungsstufen nur geringe Unterschiede der Mittelwerte in den Altersgruppen finden, welches auch den Feststellungen von SCHWALB entspricht.

Im Gegensatz dazu ist aus dem Verhalten der V_k, die einen kontinuierlichen Abfall aufweist, und dem Verhalten des ÄÄ, welches die schlechtere Atem-

Ökonomie im Alter anzeigt, die Leistungsminde-
rung deutlich erkennbar.

Ursache dieser Feststellung kann sowohl die Verminderung der respiratorischen Oberfläche in den Lungen sein und die Verschlechterung der Sauerstoffdiffusion, wie auch eine kompensatorische Steigerung der Ventilation bei abnehmender Herzleistung.

Es bleibt die Frage zu beantworten, warum bei 80 Watt Leistung sich die Werte des $\dot{A}\dot{A}$ in den Altersgruppen nicht deutlich unterscheiden, obwohl der Unterschied sowohl in Ruhe als auch bei stärkerer Arbeit vorhanden ist.

Da Untersuchungen von JOSS ergaben, daß sich die tiefsten Werte des $\dot{A}\dot{A}$ bei Älteren vor allem bei 60 Watt finden und jüngere Personen das Minimum der spezifischen Ventilation eher bei 120 Watt zeigen, haben wir wahrscheinlich mit 80 Watt den Leistungsbereich, wo die Werte für die Älteren sich schon wieder im Anstieg befinden, die Kurve für die Jüngeren aber wahrscheinlich noch abfallende Tendenz aufweist. Analoge Feststellungen wie JOSS haben auch REINDELL und KIRCHHOFF an Hochleistungssportlern und Untrainierten gefunden.

Einen weiteren Einfluß auf die Atemökonomie zeigt das Körpergewicht. Obwohl unsere Relationen des $\dot{A}\dot{A}$ zu den Körpermaßen kaum Beziehungen aufweisen, läßt sich doch in den Mittelwerten der unterschied-

licher Größenbereich für die mittleren Werte des $\dot{A}\ddot{A}$ im maximalen steady-state bei Trainierten wie auch Untrainierten angegeben wird, unabhängig von der Höhe der maximalen Wattleistung.

Die Größe des Sauerstoffpulses zeigt zwischen Nichtsportlern und Sportlern (vor allem in der Gruppe der 20-40jährigen) nur eine geringe Differenz. Nach Untersuchungen von ASTRAND, KNIPPING, REINDELL, MELLEROWICZ u.a. soll der O_2 -Puls, vor allem der maximale O_2 -Puls, wesentliche Bedeutung als Maß der Leistungsfähigkeit haben. Unsere Ergebnisse zeigen, daß der maximale O_2 -Puls zwar durchweg bei den Sportlern höher liegt, daß aber die Größe des Wertes wenig über die absolute Leistungsfähigkeit aussagt.

Die Zunahme der Vitalkapazität bei Sportlern ist allgemein ersichtlich. Nach KNIPPING führt regelmäßige sportliche Tätigkeit zu einer vermehrten Kapillarisierung der Gewebe und damit besseren Sauerstoffversorgung des Gesamtorganismus, wodurch der Wirkungsgrad bzw. die Gesamtleistungsfähigkeit gesteigert wird.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir, ob und welche Beziehungen des Atemäquivalent zu Alter, den Körpermaßen, Vitalkapazität, körperlicher Aktivität und Leistungsfähigkeit aufweist und in welchem Maße die Atemökonomie durch diese Faktoren beeinflusst wird.

Zu diesem Zweck führten wir spiroergometrische Untersuchungen durch an 438 gesunden Männern im Alter zwischen 20 und 60 Jahren, die eingeteilt wurden in

Nichtsportler und Sportler,
jeweils unterteilt in Normal-
und Übergewicht.

Es zeigte sich, daß das Alter den stärksten Einfluß auf die Größe des Atemäquivalent hat. Der Wert steigt mit zunehmenden Lebensjahren an als Ausdruck einer eingeschränkten respiratorischen Funktion und auch einer verminderten Leistungsbereite des gealterten Organismus.

Nicht weniger bedeutend ist der Einfluß der körperlichen Aktivität auf die Atemökonomie, die sich aus dem geringeren Wert des Atemäquivalent ergibt; auch der schwächere Anstieg in höheren Belastungsstufen zeigt eine verbesserte Leistungsfähigkeit.

Zwischen dem Atemäquivalent und der Vitalkapazität bestehen gesetzmäßige Beziehungen, die aber teilweise nur aus der prozentualen Abweichung des gemessenen Wertes zum Sollwert erkennbar sind.

Die Körpermaße haben einen zwar geringen Einfluß auf die Atemökonomie, aber die nicht übersehbare Differenz zwischen Normal- und Übergewicht muß bei der Beurteilung der Atemökonomie berücksichtigt werden. Der Absolutwert des Atemäquivalent ist also nicht allein ausschlaggebend.

Bemerkt sei noch, daß der altersbedingte Rückgang der cardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit wohl im Atemäquivalent, nicht dagegen in eindeutiger Weise aus der Größe des Sauerstoffpulses zu erkennen ist.

LITERATURVERZEICHNIS

ABELIN, TH., M. SCHERRER:

Ventilation und Säurebasenhaushalt
des Gesunden bei schwerer Arbeit

Schweiz.Med.Wschr.90.Jahrg.,Nr.13,369 (1960)

AEPLI, R.:

Les échanges respiratoires de l'homme âgé
de plus de 40 ans

Helv.Med.Act.,Vol.26,Fasc.1,p.49-64 (1959)

ANTHONY, A. J.:

Funktionsprüfung der Atmung

1.Aufl., Verl. Johann Ambrosius Barth,
Leipzig (1937)

ASTRAND, Per-Olof:

Experimental Studies of Physical Working
Capacity In Relation to Sex and Age

Ejnar Munksgaard, Copenhagen (1952)

BARTELS, H., E. BUCHERL, C. W. HERTZ,
G. RÖDLWALD, M. SCHWAB:

Lungenfunktionsprüfungen (Methoden und
Beispiele klinischer Anwendungen)

Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg
(1959)

BENNIHOFF, A., K. GÖRTTLER:

Lehrbuch der Anatomie des Menschen

2. Bd.: Eingeweide. 5. neubearbeitete Aufl.

Verlag Urban u. Schwarzenberg München (1960)

BRAUNEISEN, E.:

Atmung und Lungenkreislauf.

Das Deutsche Gesundheitswesen, Zeitschr. f.
Med., 14. Jahrg., Heft 28, 1279 (1959)

BÜHLMANN, A.:

Beziehungen zwischen Herz- und Lungenfunktion

Schweiz.Med.Wschr., 92.Jahrg.Nr.19, 573

BÜHLMANN, A., M. SCHERRER, H. HERZOG:

Vorschläge zur einheitlichen Beurteilung der
Arbeitsfähigkeit durch die Lungenfunktions-
prüfung

Schweiz.Med.Wschr., 91.Jahrg.Nr.4, 105 (1961)

Documenta Geigy

Wissenschaftliche Tabellen

6. Aufl., Herausg. J.r.Geigy (1960)

DRANSFELD, B.:

O₂-Aufnahme und O₂-Puls bei ergometrischer
Leistung

Internat.Symp. für Ergometrie, Berlin 1965

FENN, W. C.:

Mechanics of Respiration

Seminar of Pulmonary Physiology, Rochester
(1951)

HANSEN, G.

Atemzeitvolumen und Atemäquivalent bei
ergometrischer Leistung

Internat.Symp. für Ergometrie Berlin 1965

HEILMEYER, L.:

Lehrbuch der Inneren Medizin

2.Aufl., Springer Verlag Berlin-Göttingen-
Heidelberg (1961)

HOLLMANN, H.:

Kriterien der körperlichen, kardialen und
pulmonalen Leistungsgrenzen

Internat.Symp. für Ergometrie Berlin 1965

HORÁK, J.:

Erfahrungen über die Messung der Leistungs-
breite gut trainierter Sportler mit Hilfe
der Spiroergometrie

Internat.Symp. für Ergometrie Berlin 1965

HORÁK, J.:

Messung und Beurteilung der Leistungsfähigkeit
nach Herzinfarkt mit Hilfe der Spiroergometrie

Internat.Symp. für Ergometrie Berlin 1965

HUTCHISON, J.:

On the capacity of the lungs and on the
respiratory functions with a view of
establishing a precise and easy method of
detecting disease by the spirometer

Med.Chir.Trans.,29,137 (1896)

Internationales Symposium für Ergometrie

Berlin (1965)

JOSS, E.:

Spirometrie bei Gesunden

Helv.Med.Act.,Vol.26,Fasc.1,p.24-48 (1959)

KNIPPING, H.W., W.BOLT, H.VALENTIN, H.VENRATH:

Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken

Ferd. Enke Verlag, Stuttgart (1955)

KÜNIG, K., H. REINDELL, H. ROSKAMM:

Zur Frage der Ausbelastung bei spiroergo-
metrischen Leistungsprüfungen

Dtsch.Med.Wschr. Nr.25, 1309-1310 (1962)

Lungenfunktionsprüfungen

Dr. Karl Thomae GmbH., Biberach Riss (1966)

MELLEROWICZ, H.:

Ergometrie

Verlag Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin
1962

MITTAHN, H., P. ECKERMANN:

Der Sauerstoffverbrauch der Atmungsmuskulatur
bei hohen Ventilationen

Int.Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol.
19, 120-125 (1961)

MOLLER, F., O. SEIFERT:

Taschenbuch der mediz. klinisch. Diagnostik
68. Aufl. Verlag J.F. Bergmann, München 1962

MEIN, H., M. SCHNEIDER:

Physiologie des Menschen
13./14. neubearb. Aufl., Springer Verlag
Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960)

ROSSIER, P.H., A. BÜHLMANN, K. WIESINGER:

Physiologie und Pathophysiologie der Atmung
2. verbesserte u. erweiterte Aufl. Springer
Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg (1958)

SCHWALB, H., J. EBERL:

Das kymographisch bestimmte Herzvolumen und
seine Beziehung zum Sauerstoffpuls
Internat. Symp. für Ergometrie, Berlin 1965

Am Ende der Arbeit danke ich Herrn Professor
Dr. med. G. Schimert für das Korreferat.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Privat-Dozent
Dr. med. H. Schwalb für die Überlassung des
Themas und die stets hilfsbereite Unterstützung
bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Den Mitarbeitern des Instituts für die Pro-
phylaxe der Kreislaufkrankheiten bei der
Universität München danke ich für wertvolle
Hilfe.

LEBENS LAUF

Am 28. 1. 1941 wurde ich als Tochter des Chirurgen Dr. med. Wilderich Heising und seiner Ehefrau Margarete geb. Nickel in Berlin geboren.

Von 1947 - 1951 besuchte ich die evgl. Volksschule und ab 1951 das Neusprachliche Gymnasium zu Betzdorf. Im Frühjahr 1960 bestand ich die Reifeprüfung.

Im Sommersemester 1960 immatrikulierte ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität München und begann im Wintersemester mit dem Studium der Medizin. 1963 legte ich die Ärztliche Vorprüfung ab.

Während der Semesterferien famulierte ich im Städt. Krankenhaus Wolfenbüttel und im Städt. Wenckebach-Krankenhaus Berlin.

Am 20. 12. 1966 bestand ich das Medizinische Staatsexamen. Von März 1967 bis September 1967 war ich als Medizinalassistentin auf der inneren Abteilung des Krankenhauses Wolfratshausen tätig. Zur Zeit bin ich in der I. Frauenklinik der Universität München beschäftigt.

